



FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

Programa Especial de Titulación

**Rediseño del Sistema Contra Incendio en la Planta de Almacenamiento de
la Empresa Solgas S.A. para reducir el nivel de riesgo Operativo, Callao
2019**

PUMARICRA MALVACEDA, EDGAR JAVIER

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

ASESOR: JORGE LUIS ROJAS ROJAS

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Se lo dedico a mis padres que, con su cariño, respeto y los valores inculcados han servido para ser una persona de bien, sus consejos han sido lo mejor que he recibido a lo largo de mi vida.

Agradecimiento

Agradezco a la empresa SOLGAS S.A. por el apoyo brindado al facilitar el acceso de la información para la elaboración de esta tesis, a mis profesores del curso del PET quienes han sabido alinear mis ideas y para poder aplicar métodos eficientes.

ÍNDICE

Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
ÍNDICE	IV
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
Capítulos.....	XVII
CAPITULO 1:	18
PROBLEMA DE INVESTIGACION	18
1.1. Planteamiento del problema.	19
1.2. Formulación del problema.	21
1.2.1. Problema general	21
1.2.2. Problema específico	21
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo general	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
1.4. Justificación	21
1.5. Alcance y limitaciones	22
1.5.1. Alcance	22
1.5.2. Limitación	22
CAPITULO 2:	23
MARCO TEORICO	23
2.1. Antecedentes de estudios	24
2.1.2. Antecedentes internacionales	24
2.2.2. Antecedentes nacionales	27
2.2. Base Teórica	29
2.1.1. Gas licuado de petróleo (GLP)	29
2.2.2. Teoría del Fuego	29
2.2.3. Teoría de las explosiones	30
2.2.4. Metodología de extensión del fuego	34
2.3. Base Legal	36

2.3.4. Normas Internacionales	36
2.3.2. Normas Nacionales	37
2.4. Tipos de sistema contra incendio	40
2.4.1. Sistemas de extinción con agua	41
2.4.2. Sistemas de extinción con agentes diferentes al agua	42
2.5. Principios básicos de la hidráulica	44
2.5.1. Hidráulica de protección contra incendio	44
2.5.2. Presión	45
2.5.3. Teorema de Bernoulli	46
2.5.4. Perdida de carga en una tubería	47
2.5.5. Descarga de agua a través de orificios	48
2.5.6. Hazen-Williams	49
2.5.7. AFT Fathom v9	51
CAPÍTULO 3:	54
MARCO METODOLOGICO	54
3.1. Variable	55
3.1.1. Definición conceptual de la variable Independiente	55
3.1.2. Definición conceptual de la variable dependiente	55
3.2. Metodología	55
3.2.1. Tipo de estudio	55
3.2.2. Diseño de investigación	55
3.2.3. Método de investigación	55
CAPÍTULO 4:	56
METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA	56
4.1. Análisis situacional.....	57
4.1.1. Descripción de la empresa.	57
4.1.2. Ubicación	62
4.1.3. Vías de acceso	63
4.1.4. Distancias respecto a Zonas Urbanas, Edificaciones, Centros Poblados. 63	
4.1.5. Condiciones ambientales del sitio	64
4.1.6. Descripción de las instalaciones (Planta de Almacenamiento)	64
4.1.7. Sistema contra incendio	80
4.1.8. Factores críticos identificados	82
4.2. Alternativas de solución	82

4.2.1.	Métodos de supresión utilizados en la protección contra incendios.	82
4.2.2.	Elección del método apropiado	85
4.3.	Solución del problema	87
4.3.1.	Determinación del área de Esferas y tanques horizontales.	88
4.3.2.	Cálculo del sistema hidráulico de sistema de enfriamiento de las esferas por aspersores.	90
4.3.3.	Cálculo del sistema hidráulico de sistema de enfriamiento por aspersores de los tanques horizontales.	100
4.3.1.	Cálculo del sistema hidráulico de sistema de enfriamiento por aspersores de islas de carga.....	109
4.3.5.	Cálculo del sistema hidráulico de sistema de la red contra incendio .	115
4.3.6.	Especificaciones técnicas de los tableros	123
4.3.7.	Especificaciones del sistema de pozo a tierra	128
4.3.8.	Especificaciones del tablero del sistema contra incendio	131
4.3.9.	Especificaciones de bombas.	140
4.3.10.	Especificaciones de hidrante.	147
4.3.11.	Pruebas en los sistemas de enfriamiento mediante aspersores.	149
4.4.	Recursos económicos y Humanos	155
4.4.1.	Lista de equipos e Instrumentos	155
4.4.2.	Análisis Económico	158
CAPÍTULO 5:		162
ANÁLISIS DE RESULTADOS		162
5.1.	Análisis descriptivo (y estadístico, si procede) de la información relativa a las variables de estudio.	163
5.2.	Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación (reajuste de los modelos interpretativos si fuera necesario).	164
5.3.	Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce (causa y efectos).	165
CONCLUSIONES		166
RECOMENDACIONES		168
Glosario.....		169
BIBLIOGRAFIA		172
ANEXOS		174

Lista de figuras

Figura 1 Tetraedro del fuego.....	30
Figura 2 Blevé causando un accidente.....	31
Figura 3 Los escapes como fuente de incendio y explosión.....	33
Figura 4 Espuma como agente extintor	43
Figura 5 Extintores de polvo químicos secos	43
Figura 6 Polvos Químicos como agente extintor	44
Figura 7 Flujo de fluidos estable inclinado.....	46
Figura 8 Pantalla Principal	52
Figura 9 Curva de la Bomba vs Curva del Sistema.....	52
Figura 10 Corrector de desfase	53
Figura 11 Diseño de Instalación.....	53
Figura 12 Evolución de la empresa.....	57
Figura 13 Exploración de nuevos pozos de Petróleo y Gas Natural.....	58
Figura 14 Exploración y Producción	58
Figura 15 Proceso de refinación	59
Figura 16 Proceso por Destilación	59
Figura 17 Transporte	60
Figura 18 Proceso de almacenamiento y comercialización del GLP	60
Figura 19 Estructura Organizacional.....	62
Figura 20 Ubicación de la Planta de Almacenamiento – SOLGAS S.A.....	62
Figura 21 Vías de acceso a la Planta de Almacenamiento de GLP - SOLGAS S.A	63
Figura 22 Instalación existente SCI	65
Figura 23 Etil Mercaptano	68
Figura 24 Esferas de gas	69
Figura 25 Ubicación del sistema de recepción de GLP desde RELAPASAA.....	79

Figura 26 Diagrama de Ishikawa "Riesgo Operativo"	82
Figura 27 Método por enfriamiento	83
Figura 28 Método por sofocación.....	84
Figura 29 Método por emulsificación	85
Figura 30 Método por dilución.....	85
Figura 31 Distancias máximas	92
Figura 32 Patrón de aspersión para diseño.....	94
Figura 33 Distribución de secciones	98
Figura 34 Piscina de fuego.....	102
Figura 35 Características de la bomba	142
Figura 36 Anclaje de bomba	143
Figura 37 Ubicación de cojinete	145
Figura 38 Embrague de eje.....	146
Figura 39 Acople ajustable con brida.....	147
Figura 40 Partes del hidrante	148
Figura 41 Manómetro listado por UL.....	150
Figura 42 Vista de la válvula de actuación y la válvula de control	151
Figura 43 Vista de la instalación de los aspersores	151
Figura 44 Vista de la instalación de los aspersores	152

Índice de tablas

Tabla 1 Categoría de severidad para el entorno humano	20
Tabla 2 Población y distancia de las zonas urbanas e industriales con influencia indirecta de las operaciones de la planta.....	20
Tabla 3 Ejemplos de grandes accidentes químicos	32
Tabla 4 Valores de coeficiente C	51
Tabla 5 Plantas a nivel nacional	57
Tabla 6 Coordenadas geográficas y proyección UTM-WGS-84 del emplazamiento	63
Tabla 7 Población y distancia de las zonas urbanas e industriales con influencia.....	64
Tabla 8 Condiciones ambientales	64
Tabla 9 Almacenamiento de GLP	69
Tabla 10 Especificaciones de las bombas.....	70
Tabla 11 Capacidad de almacenamiento.	76
Tabla 12 Condiciones límites de operación de los tanques esféricos	76
Tabla 13 Criterio	86
Tabla 14 Descripción de criterios para calificación por factor de evaluación.	86
Tabla 15 Resultados de evaluación de método a usar	87
Tabla 16 Etapas del rediseño.....	87
Tabla 17 Decreto supremo Nacional.....	88
Tabla 18 Cálculo del área	90
Tabla 19 Decretos supremos y NFPA	91
Tabla 20 Condiciones ambientales	91
Tabla 21 Diámetros y espesores	92
Tabla 22 Área de las esferas	93
Tabla 23 Distribución de zonas	97
Tabla 24 Numero de secciones	97

Tabla 26 Números de aspersores	99
Tabla 27 Requerimiento de sección.....	99
Tabla 28 Normativa Nacional e Internacional	101
Tabla 29 Condiciones ambientales	101
Tabla 30 Requerimiento de tanques	104
Tabla 31 Caída de presión en monitor.....	104
Tabla 32 Presiones de Set	107
Tabla 33 Flujos mínimos de los arreglos	107
Tabla 34 Presiones de Set	108
Tabla 35 Resultados de volúmenes requeridos	108
Tabla 36 Normativa Nacional e Internacional	110
Tabla 37 Condiciones ambientales	110
Tabla 38 Características de aspersores	112
Tabla 39 Caída de presión en monitor.....	112
Tabla 40 Cantidad de aspersores	114
Tabla 41 Presiones de set.....	114
Tabla 42 Resultados de simulación	115
Tabla 43 Resultados de volúmenes requeridos	115
Tabla 44 Normativa Nacional e Internacional	116
Tabla 45 Condiciones ambientales.....	117
Tabla 46 Requerimiento mínimo de sección	118
Tabla 47 Caída de presión en monitor.....	119
Tabla 48 Presiones de set.....	122
Tabla 49 Resultados de simulación	122
Tabla 50 Resultados de volúmenes requeridos	123
Tabla 51 Normativa	124

Tabla 52 Normativa	128
Tabla 53 Decretos Supremos.....	131
Tabla 54 Normas Internacionales	131
Tabla 55 Secuencia de activación	141
Tabla 56 Activación y desactivación (bomba Jockey)	143
Tabla 57 Componentes del hidrante	148
Tabla 58 Recursos humanos	155
Tabla 59 Lista de equipos	155
Tabla 60 Lista de Instrumentos – Detección	156
Tabla 61 Lista de Instrumentos - Mecánicos	156
Tabla 62 Inversión del Proyecto.....	158
Tabla 63 Costo mantenimiento anual	158
Tabla 64 Ventas y otros ingresos 2019	160
Tabla 65 Gasto 2019.....	160
Tabla 66 Utilidad 2019.....	161
Tabla 67 Volumen del SCI	163
Tabla 68 Caudal de SCI	163
Tabla 69 Nivel de riesgo.....	164
Tabla 70 Venta vs inversión	164

Índice de anexos

Anexo 1 Plano de planta	174
Anexo 2 Distancia máxima de aspersores a pared	176
Anexo 3 Distribución de zonas.....	177
Anexo 4 Ubicación de punto de interconexión	178
Anexo 5 Vistas de referencia del arreglo de aspersores.....	179
Anexo 6 Diagrama de simulación de secciones (AFT Fathom 8)	180
Anexo 7 Datos de las curvas de las secciones	181
Anexo 8 Relación de presiones en válvulas de diluvio DC	182
Anexo 9 Curva de la bomba de referencia	183
Anexo 10 Sumergencia mínima de las bombas	184
Anexo 11 Arreglos de aspersores.....	185
Anexo 12 Vista de patrones de enfriamiento	188
Anexo 13 Simulación de recipiente T-3	193
Anexo 14 Simulación de recipiente T-4	194
Anexo 15 Simulación de recipiente T-5	195
Anexo 16 Simulación de recipiente T-6	196
Anexo 17 Simulación de la red principal.....	197
Anexo 18 Vista de patrones de enfriamiento	198
Anexo 19 Simulación de Isla 1	202

RESUMEN

A inicio de los años 80`s los combustibles de mayor uso doméstico, comercial e industrial eran; el R500, diésel, kerosene, carbón o leña, los mismos que han sido reemplazados por el GLP, combustible limpio y de fácil manipulación, comercializados en cilindros y granel. El incremento de la demanda ha generado la necesidad de contar con un mayor almacenamiento en las plantas de gas, así como garantizar un mejor de nivel de seguridad. A nivel mundial las plantas de almacenamiento de GLP necesitan de una operación segura, debido a la alta inflamabilidad del producto, considerando el riesgo y los niveles de seguridad se diseña un sistema contra incendio, alineados a lo indicado en la NFPA y Decretos Supremos, clasificándolo según el nivel de riesgo, producto y capacidad almacenada.

En el 2019, Solgas S.A. respondiendo a las proyecciones comerciales, decidió incrementar el volumen de GLP en la planta de almacenamiento de ventanilla, por lo que instaló una nueva esfera a las ya existentes (T-1 y T-2) con capacidad de 9.100 m³ llamándola T-8, con lo que la capacidad almacenada se incrementó de 18,200 m³ a 27.300 m³ de GLP.

Esto generó que el nivel de riesgo operativo de esta planta de almacenamiento de nivel leve a se encuentre en nivel catastrófico, por lo que se plantea rediseñar el sistema contra incendio para garantizar una operación segura y reducir el nivel de riesgo operativo.

Para este trabajo, se consideró el método de supresión por enfriamiento dado que de acuerdo con las referencias de los diversos trabajos de investigación revisados es el que

garantiza mayor efectividad, cumpliendo con los lineamientos y estándares de los decretos supremos nacionales y las normativas internacionales NFPA.

Inversión para el desarrollo e implementación del rediseño del sistema contra incendio será de 4.4 millones de dólares aproximadamente, luego de ser implementada se proyecta la reducción del nivel de riesgo operativo.

INTRODUCCIÓN

SOLGAS S.A. cuenta con nueve centros de almacenamiento y envasado a nivel nacional, el presente trabajo se desarrolló en la Planta de almacenamiento ubicada en el distrito de Ventanilla, provincia y departamento del callao.

En este centro de almacenamiento, se recibe el GLP a través de camiones cisterna y transporte marítimo, por medio de la línea submarina y tramo por tierra; el cual es transferido hacia las esferas de almacenamiento de GLP T-1, T-2 existentes y a los tanques horizontales T3, T4, T5 y T6.

En el 2019, atendiendo al plan comercial, se incrementó el volumen de GLP almacenado instalando una nueva esfera de almacenamiento de GLP T-8, esfera que permitirá mantener una capacidad de almacenamiento a largo plazo de 27.300 m³ entre las tres esferas T-1, T-2 y T-8.

Este incremento de volumen de GLP almacenado, provocó un cambio en el riesgo operativo de la planta de almacenamiento pasando de bajo a catastrófico, dado que no se consideró el rediseño del sistema contra incendio actual.

En el presente trabajo se propone el rediseño más adecuado del sistema contra incendios para reducir el nivel de riesgo operativo.

Se indicarán los problemas y objetivos del rediseño del sistema contra incendio, eligiendo el método idóneo, así como realizando los cálculos de los componentes que forman parte del sistema contra incendio.

Finalmente, con los resultados obtenidos la información será entregada a nivel de propuesta para su implementación y poder minimizar el nivel de riesgo operativo en la planta de almacenamiento de la empresa SOLGAS S.A.

Capítulos

Este trabajo está estructurado en cinco capítulos, conclusiones y recomendaciones que a continuación se detalla:

Capítulo 1, se realiza el planteamiento del problema tomando como información el estudio de riesgo realizado por la empresa especializada ABS Group del Perú S.A.C. adicional a ello se define el problema general y específicos, lo cual direccionan hacia el objetivo general y específico, y se procede con la justificación del problema, indicando el alcance y limitaciones del proyecto.

Capítulo 2, marco teórico, donde se indican los antecedentes internacionales y nacionales de las tesis relacionados al proyecto a realizar, se mencionan las bases teóricas y metodología de la extinción del fuego, asimismo se mencionan las normas aplicables en diseño, desarrollo y seguridad de un sistema contra incendio, tales como NFPA y decretos supremos nacionales. **Capítulo 3**, consiste en el marco metodológico, aquí se indica los tipos de variables y la metodología de investigación a emplear en el desarrollo del trabajo.

Capítulo 4, se plantea el análisis situacional, las alternativas de solución, desarrollo de la solución y el análisis económico.

Capítulo 5, se muestran el análisis y resultados obtenidos.

CAPITULO 1:

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema.

Los diferentes accidentes producidos en las plantas de almacenamiento de gas en el mundo han causado pérdidas humanas, materiales y económicas. Esto debido a no contar con sistemas contra incendio que puedan reducir el nivel de riesgo en la operación.

Evento 1: Ras Tanura, Arabia Saudí 1964. Una de las esferas de un parque de almacenamiento de propano y butano refrigerados sufrió una rotura por sobrepresión, a causa del fallo del sistema de refrigeración, explotando al cabo de 36 horas de que la fisura fuese detectada. Esto tuvo como consecuencia 1 víctima mortal y 115 heridos.

Evento 2: Asbit-Casino, México 1977. Durante la descarga de GLP se produjo repentinamente, una gran pérdida de producto en la manguera flexible de 2", cerca del muro cortafuegos. Una enorme nube invadió el lugar, y después de 35 minutos de no lograr detener la fuga, se produjo un incendio, que se propagó a la cisterna que estaba siendo descargada. Esto tuvo como consecuencia 02 fallecidos y 10 heridos y pérdidas económicas.

Evento 3: SOLGAS S.A. En el 2010, se tuvo un incidente en la operación, producto de una sobrepresión en una de las esferas de gas provocando la fuga de este la cual fue atendida a tiempo. No se tuvieron pérdidas humanas, pero si el corte de la operación por un tiempo de 2 horas, generando pérdidas económicas de 500,000 soles.

Evento 4: Pecs Gas Lima-Perú 2013, Se produjo un incendio producto de una fuga de gas en el tanque de almacenamiento, el 30 de agosto, no se registraron pérdidas humanas, pero si grandes pérdidas materiales, no se pudo controlar el incendio debido a una falla presentada en la bomba del sistema contra incendio la cual no acciono por encontrarse inoperativa. El impacto económico fue USD 2'000,000 y la clausura del local por 2 años, tiempo que duro la investigación.

En el 2014 el desprendimiento de las conexiones durante la descarga del producto provocó fuga de gas siendo atendida a tiempo. No se tuvo pérdidas humanas y económicas.

En el 2019, SOLGAS, tomo la decisión ampliar la capacidad de autonomía de la planta de almacenamiento de gas, para aumentar la autonomía de almacenamiento de 1.5 días a 3 días.

De acuerdo con el estudio de riesgos realizado para esta ampliación se observó el cambio del nivel de riesgo, el cual paso de una categoría “Leve” a “Catastrófico” si mantenemos el sistema contraincendios actual.

El evento de mayor consecuencia sería la ruptura del ducto de GLP en la alimentación de las Esferas (T1, T2 y T3) ocasionando una UVCE (Explosión de nube de vapor al aire libre) y el BLEVE (Explosión de vapores en Expansión de Líquidos en Ebullición) en la esfera.

Tabla 1 Categoría de severidad para el entorno Humano

Valor de Daños personales	Categoría de severidad
De 1 a 2	Leve
De 3 a 5	Menor
De 6 a 8	Mayor
9	Catastrófico

Fuente: Estudio de Riesgos de SOLGAS-2019

Por otro lado, el alcance del evento de mayor consecuencia afectaría a los Asentamientos Humanos aledaños a la planta de almacenamiento de gas. En la tabla 2 se muestran cantidad de personas que se podrían resultar afectadas:

Tabla 2 Población y distancia de las zonas urbanas e industriales con influencia indirecta de las operaciones de la planta

Urbanizaciones / Asentamientos Humanos / Zona Industrial	Población (nº habitantes)	Distancia (m)
Víctor Raúl Haya de la Torre	3,090	450
Márquez	13,293	880
Parque Porcino	2,080	1,600
Planta envasadora de GLP – SOLGAS S.A.	380	500
Refinería la Pampilla (Repsol)	1,122	800

Fuente: Estudio de Riesgos de SOLGAS -2019

Determinada la categoría de la severidad “Catastrófica” provocada ante algún evento en la Planta de almacenamiento se procede a priorizar el rediseño del sistema contra incendio para reducir el riesgo.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el rediseño del sistema contra incendio en la planta de almacenamiento de la empresa SOLGAS S.A. ayudará a reducir el nivel de riesgo?

1.2.2. Problema específico

¿En qué medida el diagnóstico permitirá identificar el nivel de riesgo operativo en la planta de almacenamiento del Callao?

¿Cuáles serán las etapas para considerar en el rediseño del sistema contra incendio de la planta de almacenamiento del Callao?

¿De qué manera la evaluación técnica-económica influirá en la solución de la propuesta planteada a la planta de almacenamiento del Callao?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Rediseñar el sistema contra incendio en la Planta de Almacenamiento de la Empresa SOLGAS S.A. para reducir el nivel de riesgo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico del nivel de riesgos operativos en la planta de almacenamiento del Callao.
- Identificar las etapas para rediseñar el sistema contra incendio de la planta de almacenamiento.
- Realizar evaluación económica de la propuesta planteada.

1.4. Justificación

Como consecuencia de la ampliación de almacenamiento de GLP, se identificó un problema crítico, el nivel de riesgo operativo cambió de leve a catastrófico, lo cual hace que la operación sea vulnerable ante algún incidente. El impacto que esto tendría sería el cierre de la operación, además de pérdidas de vidas de las poblaciones aledañas que

suman 13,000 personas y las multas a la empresa que podrían llegar de 500,000 USD en reparación y remediación, además de la contaminación que se generaría en el Callao.

Luego de revisar las investigaciones existentes sobre cómo reducir el nivel de riesgos, se plantea realizar el rediseño del sistema contra incendio actual para tener un nivel de riesgo operativo bajo. En el rediseño se utilizará un método heurístico el cual sigue una secuencia de etapas lógicas organizadas siguiendo las buenas prácticas y normativa vigente nacional como internacional de la NFPA (National Fire Protection Association).

1.5. Alcance y limitaciones

1.5.1. Alcance

- El presente trabajo se desarrollará en la Planta de Almacenamiento de Gas. ubicada en carretera Ventanilla km. 5.2 - Callao.
- El presente estudio es a nivel de propuesta para una futura implementación.

1.5.2. Limitación

Las limitaciones encontradas para el desarrollo del presente trabajo fueron las siguientes:

- El tiempo para realizar la investigación fue de cuatro meses.
- Demoras de entrega de los formatos, procesos, planos y especificaciones de los materiales existentes que generan trabajos adicionales y sobrecostos en horas hombre, equipos (software) así como ampliación del cronograma.
- Limitación del presupuesto.

CAPITULO 2:

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudios

2.1.2. Antecedentes internacionales

TESIS-01

Año : 2007

Fecha de Publicación : Venezuela 2007

Autor : HELBRIST DANIEL ROMERO TERÁN

Tema :“Desarrollo y Seguimiento del Diseño del Sistema contra Incendios del Centro Operativo San Joaquín”.

Para Optar el título : Ingeniero Mecánico – Universidad Simón Bolívar

Objetivo:

Desarrollar todas las especificaciones técnicas de los componentes de un sistema mecánico e hidráulico contra incendios en el Centro Operativo San Joaquín.

Resumen:

El proyecto realiza el estudio técnico de los componentes del SCI del centro operativo. Debido a contar con sistema de deficiente actual para el control de incendios, con el diseño realizado se comprueba que se puede contralar satisfactoriamente cualquier tipo de escenario que se presente, la metodología del cálculo aplicada garantiza la ingeniera a detalle de las redes y componentes así como la adecuada selección de los toberas (pulverizadores), cumplirá con el correcto enfriamiento de los tanques, así como el programa EPANET (programa para el análisis de sistemas de distribución de agua potable) sirvió de mucha ayuda para el cálculo de las presiones, caudales y velocidades del sistema contra incendio. Cabe acotar que el aumento de trenes (capacidades) implicaría en realizar un nuevo estudio, detalle a considerar.

Conclusiones:

El autor menciona que es importante contar con un diseño bien definido para garantizar una operación segura del SCI en la planta de almacenamiento, asimismo indica que las

diferentes metodologías existentes no todas cumplen con el tipo proyecto que se desea realizar, en la tesis presentada la metodología de cálculo garantizo el perfecto funcionamiento de los equipos. concluyó indicando que la clave para este proyecto fue saber elegir y determinar los problemas realizando un diagnóstico del sistema actual y definir el alcance.

TESIS-02

Año : 2010

Fecha de Publicación : Ecuador 2010

Autor : ANDREA VICTORIA NIETO CARRILLO /

EDUARDO RENE OCAÑA CARRERA

Tema : “Diseño de Protección de un Sistema Contra Incendio en una planta envasadora de Gas”.

Para Optar el título : Ingeniero Mecánico - Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Objetivo:

Implementar un SCI teniendo como variable la ampliación de la capacidad de almacenamiento cumpliendo con los requisitos normativos aplicables en plantas industriales

Resumen:

El proyecto se trata del diseño del sistema SCI en una planta envasadora de GLP, la cual inicio sus labores en el años de 1992, tras 18 años de operación y tras la demanda incremento su capacidad de almacenamiento y producción en un 30%, el alcance del proyecto es el rediseño del sistema contra incendio de la planta, para el diseño se aplicó la teoría del fuego así como las características del tipo de combustible, se usó la metodología del cálculo para tuberías y equipos, para luego clasificar el tipo de riesgo y con ello determinar el método a utilizar para la protección contra incendio, contando con la

información se procedió con el diseño del SCI y selección de los equipos a utilizar y el cálculo del volumen de la piscina, evaluación económica finalizando con el plan de inspecciones y mantenimientos preventivos y correctivos del sistema contra incendio.

Conclusiones:

De acuerdo con la tesis revisada se concluye que la necesidad del rediseño es por el crecimiento en la producción de la planta en un 30% la cual origina que el sistema contra incendio se vea ineficiente ante el crecimiento indicado. Usando la teoría del fuego y características del combustible se determinó que el producto es altamente inflamable y explosivo, la metodología del cálculo es esencial para la determinación de las dimensiones de las tuberías, piscina y equipos, así como el método a aplicar para actuar ante cualquier tipo de evento, la tesis nos lleva más allá del diseño e incorpora la importancia de realizar el plan de inspecciones y mantenimientos de la nueva a red a implementar. Concluyo señalando que la metodología indica la secuencia a seguir para un diseño óptimo de operación.

TESIS-03

Año : 2013

Fecha de Publicación : Ecuador 2013

Autor : MARÍA GABRIELA SANTILLÁN DELGADO

Tema : “Desarrollo y Estudio de un Sistema Contra Incendio para la Envasadora de GLP Shushufindi”.

Para Optar el Título : Tecnóloga de Petróleos - Universidad Tecnológica Equinoccial.

Objetivo:

Mejorar el SCI de la empresa Shushufindi”, diagnosticando el sistema contra incendio actual y aplicando mejoramientos en las instalaciones.

Resumen:

El proyecto se ha realizado en planta envasadora de GLP de la empresa SHUSSHUFINDI, que se encarga del almacenamiento del producto, así como el envasado a cilindros para su distribución a los clientes finales, investigación fue realizada a las redes existentes, determinando las fallas o averías encontradas en cada una de sus componentes tales como, tuberías, bombas, sistema de detección de F&G, y los tableros de control. La metodología de la investigación tecnológica es la actividad que permite descubrir nuevos conocimientos para encontrar la aplicación práctica de mejora del diseño, productos, equipos y procesos industriales. En el estudio realizado cito a la teoría del fuego dentro del marco teórico, las diferentes clases de fuego, así como considero los parámetros indicados en la norma nacionales e internacionales, se procedió con el tipo de sistema a implementar para combatir según el tipo de incidente a presentarse, para luego obtener el un sistema contra incendio ideal para la planta envasadora la cual dará seguridad y actuará de manera correcta ante algún siniestro presentado.

Conclusiones:

En el estudio realizado se consideró: las redes existentes, tipo de combustible usado en la empresa, los tipos de fuego, tipos de sistemas contra incendio (SCI) así como determinar el tipo de método a usar correctamente, lo cual indica que se ha realizado un estudio de acuerdo a las características del producto en la planta envasadora, mediante el estudio se pudo determinar que no existe un solo tipo de SCI para las empresas así como el método de sofocación es diferente según el tipo de evento que se requiera atacar.

2.2.2. Antecedentes nacionales**TESIS-04**

AÑO : 2005

Fecha de Publicación : Perú 2005

Autor : PULIDO MONTOYA, JOSÉ LUIS

Tema : “Prevención y Control de Incendios y Explosiones en la producción y almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo - GLP”

Para Optar el Título : Ingeniero de Higiene y <seguridad Industrial – Universidad Nacional de Ingeniería.

Objetivo:

Definir los parámetros técnicos que un sistema de prevención debe tener para reducir el riesgo de incendios en la planta de almacenamiento y producción de GLP.

Resumen:

El proyecto en referencia realiza un estudio para definir los parámetros técnicos de un sistema de prevención con el objetivo de reducir el riesgo en las plantas de almacenamiento de GLP. Para realizar el estudio se toman con base las características del producto, las normativas nacionales e internacionales para definir los parámetros indicados, se evalúan las teorías del fuego y explosiones para la determinación de la magnitud del evento si este produjera, para la aproximación a la ocurrencia se tomaron en cuenta datos estadísticos de eventos que tuvieran relación con productos químicos del estudio, posterior a ello se realiza la descripción de las instalación para determinar las áreas distribuidas dentro de la planta así como los trabajadores, se toman en cuenta los distintos sistemas internos, finalizando con el estudio realizan el análisis del riesgo donde se identifica cualitativamente cada suceso posible, probabilidad de ocurrencia y la severidad del impacto, con la información reunida utilizan la metodología de evaluación por tipo de evento. Con la información reunida concluyen indicando los instrumentos idóneos para controlar los riesgos.

Conclusiones:

La tesis, indica contar con parámetros técnicos definidos para un sistema de prevención. Estos deben estructurarse tomando en cuenta las normas nacionales e internacionales, así como las teorías del fuego y explosiones para identificar las magnitudes que podrían

originarse, toman en cuenta la metodología de la evaluación de acuerdo con el tipo de evento dado que las magnitudes son diferentes según el tipo de producto químico, con ello identifican los instrumentos de control necesarios para controlar el riesgo.

2.2. Base Teórica

2.1.1. Gas licuado de petróleo (GLP)

El GLP se compone de la mezcla del propano. El producto se obtiene por medio de un proceso de refinación del crudo a altas temperaturas, así como por el proceso de separación del gas natural obtenidos de los pozos de extracción.¹

2.2.2. Teoría del Fuego

Es un proceso de combustión resultado de la reacción química de oxidación. se produce a altas temperaturas. Los valores alcanzados por la combustión dependen de los combustibles utilizados, y estos varían desde 1.039 °C en algunos alcoholes hasta 1.700 °C en algunos metales que se introducen en la combustión, tales como el Magnesio, Aluminio, etc.

Un incendio se genera con la mezcla de 3 componentes: el combustible, el calor y oxígeno. Los diferentes sistemas de extensión del fuego son precisamente para mitigar uno o varios componentes de este “triángulo o tetraedro”. Para asegurar una extinción del fuego eficaz y eficiente en un menor tiempo.², en la figura 1 se muestra los componentes y reacción del triángulo del fuego.

Triangulo del fuego: Son los elementos necesarios para que se pueda producir la combustión, tiene de gran importancia para lograr explicar cómo podemos extinguir un fuego eliminando uno de estos elementos.

Combustión: Es una reacción exoenergética alimentada por un combustible en estado sólido, líquido o gaseoso. El proceso se asocia con la oxidación de un combustible. Por lo

¹ “PREVENCIÓN Y CONTROL DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES EN LA PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO - GLP”

² CEDILLO GÓMEZ, Israel Jalil. Diseño del sistema de bombeo de agua contra incendio para una Instalación Petrolera. Tesis Ingeniero Petrolero. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. 2011.

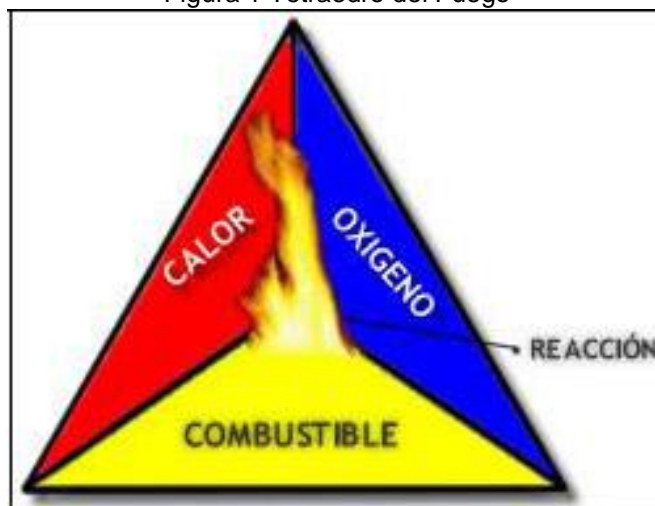
general los combustibles en su estado sólido y líquido se vaporizan antes de arder.

Ignición: Es producida por una llama externa o chispa, se denomina ignición provocada.

Si esta no es provocada por ningún foco externo, es denominado autoignición.

Incendio: Es una rápida oxidación a temperaturas elevadas a más de 815°C con la presencia de productos gaseosos y emisión de radiaciones visibles e invisibles. A pesar de tener diferencias en el calor de combustión las temperaturas teóricas que arden en los distintos gases no sufren cambios en su forma.

Figura 1 Tetraedro del Fuego



Fuente: Osinergmin 2014

2.2.3. Teoría de las explosiones

Se menciona los distintos fenómenos que forman parte del proceso de las explosiones o efectos explosivos, así como indicar los efectos que pueden ser producidos por las explosiones.

Explosión: Es el cambio de energías de potencial (química o mecánica) a cinética, debido a la liberación de los gases a presión o comprimido. Los gases comprimidos realizan un trabajo como mecánico desplazando, cambiando o dispersando los distintos materiales cercanos.³

³ Química del fuego

Tipos de explosiones: se considera los siguientes tipos de explosiones;

a. Explosiones mecánicas: Son eventos provocados por gases a alta presión que se generan por medios mecánicos o por fenómenos sin la presencia de un cambio importante en la sustancia química. Se considera como explosión mecánica la rotura de un tanque de almacenamiento alta presión la cual produce la liberación del gas.

BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (Explosión de vapores en Expansión de Líquidos en Ebullición), son explosiones mecánicas originadas al superar una temperatura mayor al punto de ebullición de los recipientes a presión; esto se produce al elevarse la temperatura al interior de un recipiente cerrado por encima del punto de resistencia del metal la cual provoca una fisura o rotura y de inmediato la expansión del líquido al medio ambiente cambiando de estado al tener contacto con la presión atmosférica.

Ejemplo: la elevación de la temperatura interna de un recipiente cerrado es producto de la absorción del calor externo la cual produce el cambio de estado interno de líquido a gaseoso, así como la elevación de la temperatura por ser un recipiente cerrado. Cuando esta presión se eleva por encima del límite de resistencia del cilindro, este se rompe. El líquido que escapa hierve inmediatamente y se expande. Producto de la explosión el tanque se convierte trozos y son lanzados a distancias no calculadas dependiendo de la intensidad de la explosión, ver figura 2.

Figura 2 Bleve causando un accidente



Fuente: NTP 293: Explosiones BLEVE

b. **Explosiones químicas:** es resultado de la producción de gases a alta presión de las reacciones exotérmicas que cambian el estado natural químico del combustible, en la tabla 3 se muestran los accidentes y sus impactos.

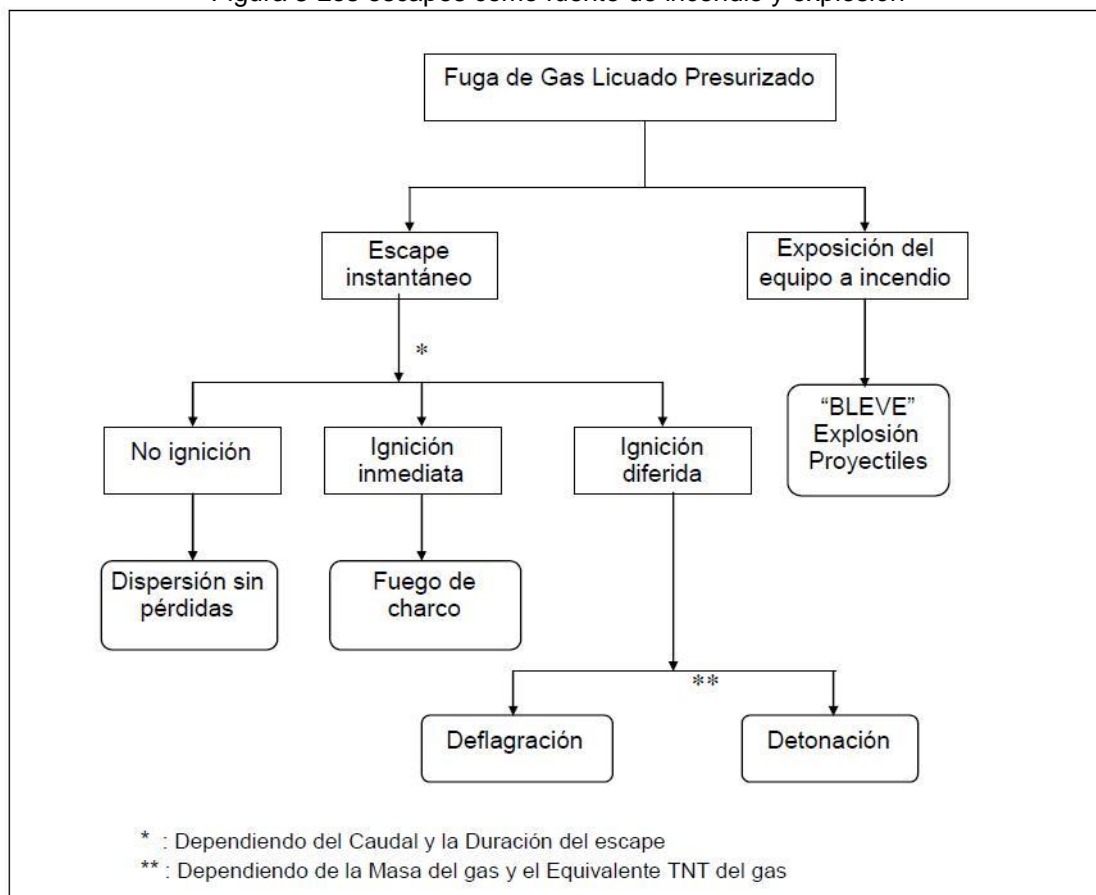
Tabla 3 Ejemplos de grandes accidentes químicos

Año	Lugar	Tipo de incidente	Sustancia química responsable	Víctimas mortales	Heridos	Evacuados
1974	Flixborough, Reino Unido	Fábrica de productos químicos (explosión)	Ciclohexano	28	104	3000
1976	Seveso, Italia	Fábrica de productos químicos (explosión)	Dioxina		193	226 000
1979	Novosibirsk, Federación de Rusia	Fábrica de productos químicos (explosión)	No caracterizada	300		
1981	Madrid, España	Contaminación de alimentos (aceite)	No caracterizada	430	20 000	220 000
1982	Tacoa, Venezuela (República Bolivariana de)	Depósito (explosión)	Combustible	153	20 000	40 000
1984	San Juanico, México	Depósito (explosión)	Gas licuado de petróleo (LPG)	452	4248	200 000
1984	Bhopal, India	Fábrica de productos químicos (fuga)	Metilisocianato	2800	50 000	200 000
1992	Kwangju, República Popular Democrática de Corea	Almacén de gas (explosión)	LPG		163	20 000
1993	Bangkok, Tailandia	Fábrica de juguetes (incendio)	Plásticos	240	547	
1993	Remeios, Colombia	Vertido	Petróleo	430		
1996	Haití	Medicamento envenenado	Diétilenglicol	> 60		
1998	Yaundé, Camerún	Accidente de transporte	Productos de petróleo	220	130	
2000	Kinshasa, República Democrática del Congo	Depósito de municiones (explosión)	Municiones	109	216	
2000	Enschede, Países Bajos	Fábrica (explosión)	Productos pirotécnicos	20	950	
2001	Toulouse, Francia	Fábrica (explosión)	Nitrato de amonio	30	> 2500	
2002	Lagos, Nigeria	Depósito de municiones (explosión)	Municiones	1000		
2003	Gaoqiao, China	Pozo de gas (escape)	Sulfuro de hidrógeno	240	9000	64 000
2005	Huaian, China	Camión (escape)	Cloro	27	300	10 000
2005	Graniteville, Estados Unidos de América	Tren cisterna (escape)	Cloro	9	250	5400
2006	Abidján, Côte d'Ivoire	Residuos tóxicos	Sulfuro de hidrógeno, mercaptanos, hidróxido sódico	10	> 100 000 ^a	

Fuente: (22). Datos de 2000 en adelante extraídos de Major Hazard Incident Data Service (MHIDAS), Health and Safety Executive, Londres, Reino Unido, exceptuando los referentes a Gaoqiao y Abidján, que proceden de la OMS.

c. Explosión por combustión: Son provocados por la presencia del aire como comburente. Se desarrollan a altas presiones, la rápida combustión del combustible, la producción de otros productos de la combustión y gases calientes en grandes volúmenes. Las explosiones se clasifican como deflagraciones y detonaciones, estas cambian según su velocidad de propagación de las llamas a través del combustible. Las deflagraciones son reacciones por la combustión donde las velocidades de reacción son menores a la del sonido en el medio combustible sin reacción. A diferencia de las detonaciones donde la velocidad es mayor que la del sonido. En la figura 3 se muestran son incidente provocados por una fuga de gas.

Figura 3 Los escapes como fuente de incendio y explosión



Fuente: Adaptado de: "Manual de Seguridad Industrial en la Plantas Químicas y Petroquímicas. Fundamentos, Evaluación de riesgos y Diseño". Año: 1998

d. Explosiones múltiples: Son gases más pesados que el aire y se desplazan, se acumulan en las zonas más bajas del suelo, si estos recipientes no se encuentran separadas una distancia prudente de la otra puede producirse explosiones múltiples, que

son llamadas también como explosiones secundarias o de tipo cascada. El desplazamiento y acumulación de gases se produce en distintas zonas. Puede haber una un área dentro del límite de explosividad del combustible y en una zona continua otra que esté por encima del LSE (Límite Superior de Explosividad), si la primera área explota, las fuerzas de la explosión que crean las fases de presión positiva y negativa tienden a mezclar el aire con una mezcla muy rica, haciendo que este dentro de los límites de explosividad.

e. Explosiones de nubes de vapor al aire libre: Es el resultado de la salida de gases, vapores o nieblas a la atmósfera formando una nube dentro del límite de inflamabilidad. La principal característica es que dentro y fuera de los límites se generan presiones destructivas, debido a la deflagración o detonación. Este fenómeno se considera como “Explosión de nube de vapor al aire libre” (UVCE).

2.2.4. Metodología de extensión del fuego

El proceso de extinción de incendios depende de variables, las cuales varían su agente extintor, de manera que abarca como mínimo una o varios métodos efectivos para la extinción o el control del incendio. Se consideran cuatro factores importantes que inducen a la extinción de un incendio:

- Apartar el combustible de la llama.
- Desplazar parcial o totalmente el oxígeno del fuego.
- Reducir la temperatura de la llama o combustible.
- Insertar elementos que alteren la química de la combustión.

a. Extinción por enfriamiento: Para usar un agente extintor como medio de enfriamiento este dependerá del calor específico, calor latente, y el punto de ebullición del producto. Las propiedades superiores extintoras del agua se pueden atribuir a los valores relativamente altos del calor específico y latente, y disponibilidad del producto. Produce un efecto enfriador desplazando el calor de las superficies sólidas que están a altas temperaturas mediante una secuencia de acciones de conducción, evaporación y convección. El calor se disipa continuamente por radiación, conducción y convección, es

necesario que el agua absorba una proporción del calor generado por el fuego para ser mitigado por enfriamiento. Sin embargo, el agua debe atacar directamente al combustible incendiado, zonas de alto peligro, áreas de almacenamiento en altura, sobre estructuras elevadas y lugares de acceso limitado para la lucha contra el fuego, es importante contar con sistemas de protección contra incendios.

b. Extinción por dilución de oxígeno: El oxígeno se encuentra presente en el aire con una concentración del 20.9 %; como volúmenes idénticos a los gases contienen el mismo número de moléculas, y nos permite calcular la densidad a partir del peso molecular, así como deducir que el porcentaje de oxígeno en un espacio dado se reduce al penetrarse otros gases. El grado de dilución del oxígeno para este objeto varía significativamente según el tipo de material inflamable que se encuentra dentro de la zona afectada (fuego). Los gases en estado de gaseoso no arden cuando el oxígeno se encuentra por debajo del 15 %.

c. Extinción por eliminación del combustible: Existen materiales clasificados que contienen diferentes características que perjudican para controlar el fuego, incluyendo una variada gama de temperaturas de puntos de ignición, límites de inflamabilidad en el aire, puntos de inflamación, etc. La mitigación del combustible se puede conseguir directa o indirectamente, apartando el material combustible del fuego, separando los vapores del combustible en la combustión con la llama o, cubriendo el combustible incandescente (eliminando el oxígeno).

d. Extinción por inhibición química de la llama: Este método es aplicado para los casos de combustión con llama, se logra utilizando medios químicos, obteniendo buenos resultados en rapidez y eficacia, tal que si la ejecución es aplicada adecuadamente mitiga la opción de explosión en una mezcla de gas y aire, ocurrido la ignición; los métodos de aplicación son muy complejos, utilizan equipos de detección de incendio muy sensibles.

2.3. Base Legal

2.3.4. Normas Internacionales

- **Norma NFPA (National Fire Protection Association).**

Es la norma más completa para la prevención y control de incendios.

- **NFPA 10, Standard for Portable Fire Extinguishers**, es la normativa para extintores Portátiles, se muestra toda una secuencia a seguir.

Indica los extintores usados según la clase de incendios A, B, C y D.

- **NFPA 13 Standard for the installation of sprinklers**

Se encuentran las pautas para la instalación y diseño de los sistemas automáticos de los rociadores CI y de protección contra la exposición.

- **NFPA 15, standard for water spray fixed systems for fire Protection (Estándar de sistemas fijos de aspersión de agua para la protección contra incendios).**

Norma que indica los requerimientos para el diseño e instalación, requerimientos mínimos para las pruebas hidrostáticas y mantenimiento del sistema.

- **NFPA 20, Standard for the Installation of stationary Pumps For fire Protection (Norma para la Instalación de Bombas estacionarias para Protección Contra Incendios).**

Indica los parámetros para seleccionar e instalar bombas de flujo de líquidos para un SCI. Incluye el equipamiento de succión, descarga, suministros de energía, motores y turbinas de vapor, pruebas de aceptación y la operación.

- **NFPA 58, Liquefied Petroleum Gases (Gas Licuado de Petróleo).** Norma aplicada al almacenamiento, manejo, transporte y las aplicaciones del uso de GLP, aplicados a recipientes, tuberías y equipos asociados cuando se suministren GLP, así mismo para el diseño y construcción, instalaciones y operación de terminales marítimas siendo su propósito la recepción de GLP.

2.3.2. Normas Nacionales

A. Reglamento para la protección Ambiental en las actividades de Hidrocarburos – D.S. N° 039-2014-EM.

Reglamento de protección en las plantas de hidrocarburos donde el art. 23 hace referencia a trabajos en plantas de almacenamiento.

- **Art. 23°, D.S. N° 039-2014-EM**

Artículo en el cual menciona que la planta envasadora contará con la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) en el deberá contener lo siguiente:

- ✓ Datos generales.
- ✓ Desarrollo del proyecto.
- ✓ Selección del área.
- ✓ Identificación y evaluación de impactos.
- ✓ Plan de contingencias.
- ✓ Plan de abandono.

B. Reglamento para la comercialización de Gas Licuado de Petróleo. D.S. N° 01-94-EM.

Establece los requisitos de implementación y operación en plantas de almacenamiento y envasado de GLP.

- **Art. 10°, D.S. N° 01-94-EM**

Artículo en el cual se presenta los requisitos necesarios para la construcción de una planta envasadora, diversos procesos administrativos en las entidades municipales, así como el diseño de ingeniería de las diversas especialidades para la construcción de la planta.

C. Artículos normativos nacionales para protección física en la planta D.S. N° 027-94-EM.

- **Art. 7°;** Establece las distancias consideradas de 50m a subestaciones o subestaciones eléctricas así a 100m como escuelas, hospitales, cines, iglesias y otros locales donde existan concentración de personas con respecto a las plantas Envasadoras.

- **Art. 13°;** Se establece las formas de protección para tanques de almacenamiento, los cuales estarán dentro de una zona de protección, con cercos, barreras o topes.
- **Art. 19°;** Se menciona los accesorios y válvula utilizadas en tanques de para GLP, tales como:
 - ✓ Medidor de flujo líquido.
 - ✓ Medidor flotante, rotativo o de tubo deslizante, o la combinación de estos medidores
 - ✓ Termómetro.
 - ✓ Manómetro calibrado con conexión a la fase de vapor, con un parámetro de lectura de 0 a 300 (psi).
 - ✓ Válvulas de seguridad de acuerdo con la NFPA 58.
 - ✓ Tipos de tuberías para la transferencia de líquidos, acero cédula 40 roscadas, o cédula 80 para tuberías soldadas.
- **Art. 24°;** Señala que las válvula de seguridad del tanque será protegido contra el ingreso de elementos extraños.
- **Art. 29°;** Medida de protección donde establece que los equipos para el sistema de bombeo y presurización deberán instalarse sobre bases de concreto adecuadas y contarán con conexión a tierra para la descarga de la corriente estática.
- **Art. 30° y 31°;** Son artículos para el control de ignición, los cuales mencionan las consideraciones de motores eléctricos. Así como el diseño de la instalación eléctrica, la cual cumplirá con lo indicado en las especificaciones de la clase 1 – grupo D del código nacional de electricidad.
- **Art. 36°;** Menciona la profundidad mínima para instalación de tuberías enterradas a 0.60m con respecto al piso, así como contar con protección catódica. Considerando tuberías soldadas sin elementos de unión tipo bridas.
- **Art. 40°;** Establece la instalación de válvulas de seguridad con una descarga adecuada que permite el flujo regular en su fase líquida.

- **Art. 42° y 43°;** Artículos para protección en la zona de plataforma de envasado, donde describe que los recipientes portátiles no serán de materiales combustibles y contarán con ventilación adecuada, así como la protección de los bordes para evitar chispas por impactos de vehículos.
- **Art. 49° y 50°;** Establecen las medidas de protección para cada salida del múltiple de llenado de cilindros portátiles, Además, considera que todo el sistema de envasado tendrá conexión a tierra, para evitar las descargas de corriente.
- **Art. 51°;** Considera que las cargas y descargas de camiones a tanques estacionarios, serán a una distancia mínima de 3 metros, así como considera la existencia de un punto a tierra para descarga de la corriente estática e Indica que es necesario que válvulas de cierre de emergencia cuenten con dispositivos de accionamiento indicados en la norma.
- **Art. 53°;** Describe las medidas que se deben tomar con respecto a las mangueras de despacho en zona de carga y descarga de GLP, las cuales la de mayor consideración es a que se debe evitar el rozamiento o fricción contra el piso u otra superficie, debilitando dichos puntos de contacto.
- **Art. 55°;** Indica el tipo de mangueras de llenado usada para el trasiego de GLP, contara con una presión de ruptura no menor de 120 kg/cm² o con una presión de trabajo mayor a 24.6 Kg./cm². (Presión de trabajo 2,4 MPa ó 350 psi).
- **Art. 58° y 59°;** Artículos donde se consideran los parámetros para las instalaciones de energía eléctrica, las cuales contarán con protecciones resistente a la corrosión en tuberías entubadas o soterradas.
- **Art. 67°;** Indica la prohibición la instalación de talleres que generen chispas o exista llama abierta.
- **Art. 70°;** Establece las señales y letreros de seguridad para las plantas cumplirán con la norma técnica peruana N° 399.009 considerando lo siguiente:
 - ✓ Prohibido fumar.

- ✓ Máxima velocidad de 20km/h.
 - ✓ Conectarse a la puesta a tierra.
 - ✓ Gas inflamable no fumar.
 - ✓ Prohibido hacer fuego en la planta.
 - ✓ Prohibido el paso de vehículos y personas no autorizadas.
 - ✓ Prohibido el ingreso de personal no autorizado.
 - ✓ Apague el motor, en la zona de carga y descarga.
 - ✓ Calzar los vehículos con tacos durante la carga y descarga.
- **Art. 71°;** Se determina los parámetros del ingreso de vehículos a la planta, quedando prohibido el ingreso de toda clase de vehículos que tengan tubos de escape.
 - **Art. 76;** Indica que las Plantas Envasadoras contarán con un sistema de alarma, la cual avise de forma efectiva y oportuna, así como indica la obligación de contar con una línea telefónica directa u otro sistema de con la Central del Cuerpo de Bomberos de la localidad.
 - **Art. 79°;** Indica que la construcción interna de la planta de envasado y almacenamiento será como material incombustible.
 - **Art. 90°;** Prohíbe el almacenamiento de cilindros de GLP en áreas donde exista presencia de sustancias líquidos y sólidos u otras peligrosas, salvo que se ubiquen en un área independiente. D. Artículos normativos nacionales para protección con dispositivos de seguridad D.S. 027-94-EM.

2.4. Tipos de sistema contra incendio

Existen diversas formas de clasificación para los sistemas contra incendio, según complejidad, fijación (móvil o fija), rango, accionamiento del sistema, etc. Para este trabajo solo se mostrarán únicamente los sistemas contra incendio de extinción a base de agua, y de extinción a base de otros agentes extintores diferentes del agua así:

2.4.1. Sistemas de extinción con agua

Son aquellos que utilizan al agua como agente o material de supresión y/o control del fuego. Este compuesto de hidrógeno y oxígeno actúa eficientemente para absorber el calor y aumenta su volumen al transformarse en vapor, desplazando el aire y sofocando el incendio. El agua es un agente extintor mejor que otro líquido conocido para la mayor parte de las clases de fuegos. Una de sus principales ventajas es que se encuentra como parte de la naturaleza, cuenta con un costo accesible y facilidad para el manejo durante su uso. En este orden de ideas, se puede decir que existen tipos de sistemas contra incendio a base de agua:

2.4.1.1. Sistema de extinción de tubería húmeda

Es un sistema de extinción por aspersión de agua pulverizada. Se cuenta con agua circulando en todo momento por la red de aspersores y tuberías, al accionarse el sistema las boquillas descargan el agua sobre el área de cobertura de cada aspersor.

2.4.1.2. Sistemas de extinción de diluvio

Es un sistema que cuenta con las válvulas cerradas controlando el flujo de agua en todo momento. Las boquillas en este sistema por lo general se encuentran abiertas al accionarse el sistema se abren las válvulas de paso y el agua se descarga a través de las boquillas pulverizadoras instaladas.

2.4.1.3. Sistemas de extinción de tubería seca

Es un sistema que cuentan con las tuberías secas y solo se accionan los aspersores que detectan el incendio. Se cuenta con una cámara que mantiene en todo momento la red del sistema presurizada, el sistema solo se accionara cuando la señal detecte una descarga del agua o pérdida de presión del aire ocasionada por la rotura de la ampolleta de una boquilla o rociador.

2.4.1.4. Sistemas de extinción de pre-acción

Está integrado a un sistema de detección de incendio y tiene un funcionamiento idéntico al sistema de tubería seca. Sin embargo, este sistema solo se acciona con la detección de

un incendio y una cámara de aire de una válvula especializada en sistemas de pre-acción se despresuricen y ambos sistemas se accionen mutuamente. A través del tiempo ha mejorado la tecnología de supresión de incendios con agua: como ejemplo es el uso de agua nebulizada o HI-FOG que extingue el incendio en un menor tiempo al proporcionado por el agua pulverizada para la extinción del incendio, evitando también el deterioro de objetos que normalmente quedan obsoletos ante la aplicación de caudales considerables de agua, tales como Industrias, papeleras, museos, etc.

2.4.2. Sistemas de extinción con agentes diferentes al agua

Dentro de este rango se cuenta con una gran variedad de sistemas. Tales como, los sistemas de extinción con gases (como halónes, dióxido de carbono o sustitutos de los halónes en general) que se encargan de sofocar el incendio desplazando el aire de manera efectiva, el humo inhalado por los seres humanos puede ser peligrosa y su disipación es lenta en el tiempo dentro del ambiente. También se cuentan agentes espumógenos, que, si bien su mezcla es de agua combinada con concentraciones de espuma, estas requieren de la combinación de estos dos compuestos y son ampliamente utilizados en la extinción de fuegos producidos por líquidos inflamables.

2.4.2.1. Espuma

Es una combinación de un producto que mezcla el aire con el agua. Es un método de mitigación por sofocación, desplazando el combustible del ambiente que lo rodea, aplicando una acción refrigerante, por el agua que contiene. Es usada para fuegos de tipo A y B (sólidos y líquidos). Conduce la electricidad, por lo que no aplicarlo en presencia de corriente eléctrica. En la figura 4 se muestra la forma aplicación de la espuma como agente de extinción.

Figura 4 Espuma como agente extintor



Fuente: (Manual del Bombero, 2000)

2.4.2.2. Polvo químico seco

Son combinaciones de polvos químicos con distintas composiciones químicas, con compuestos de otros productos que descomponen el combustible, detiene la reacción en cadena ocasionada en la combustión. En la figura 5 se muestran los tipos de extintores: Normales y Polivalentes:

Figura 5 Extintores de polvo químicos secos



Fuente: Demsa "Manual de polvos químicos secos"

- a. **Las Normales.** Está compuesto por polvos químicos secos y sales de sodio y/o potasio junto a otros compuestos para adquirir fluidez y estabilidad. Es usada para fuegos de clase B y C (líquidos y gases).
- b. **Las Polivalentes.** Está compuesto de polvos químicos secos de base de fosfatos de amonio con aditivos de las mismas características, son usados en fuegos de clase B y C (líquidos y gases), así como consideradas en los fuegos de clase A (sólidos) ya que

actúan en las brasas recubriéndolas con una película que las sella completamente y las deja sin aire. En la figura 6 se demuestra el uso del extintor de polvo químico seco.

Figura 6 Polvos Químicos como agente extintor



Fuente: Osinergmin, 2011

c. Dióxido de carbono (CO₂). Es un gas inerte que se encuentra en estado líquido a presiones elevadas, durante su descarga solidifica parcialmente el área atacada, como copos blancos, son llamados "Nieve Carbónica".

Esta agente actúa por sofocación, desplazando el oxígeno del aire, produciendo enfriamiento. Se usa para mitigar fuegos de clase A (sólidos superficialmente), de clase B y C (líquidos y gases). Al no ser conductores de electricidad, son adecuados para mitigar fuegos que no cuenten con presencia eléctrica. Es un método asfixiante por lo que los lugares deben ser ventilados, la aplicación de este método es considerando la cantidad usada en presencia de personas ya que resultada dañino para la salud.

d. Derivados halogenados. Son productos químicos resultantes de la halogenación de hidrocarburos. Son usados en fuegos de clase A, B y C (sólidos, líquidos y gases). No son conductores de electricidad, no deja residuos, pero, al ser mínimamente tóxicos las áreas deben ser ventiladas después de su uso.

2.5. Principios básicos de la hidráulica

2.5.1. Hidráulica de protección contra incendio

La hidráulica de la protección contra incendios estudia el flujo y movimiento de agua que pasa por el interior de las tuberías y orificios, tales como las salidas para hidrantes, lanzas de las mangueras o rociadores, etc. Para esto es importante conocer los principios y

conceptos que formen parte del funcionamiento del sistema hidráulico propuesto en el presente estudio.

2.5.2. Presión

La presión (p) es la unidad que mide la fuerza por unidad de superficie que causa un fluido por compresión. Se mide en kilo pascales (kPa) cuando se hace de un manómetro, o en altura (h) en metros de columna de agua (wc), también puede medirse como la altura de una columna de mercurio. Hay que considerar que, para el estudio del flujo del agua dentro de una tubería, la presión total (p_t) es la suma de las presiones manométrica o normal (p_n) y de velocidad (p_v), en la ecuación 1 se muestra formula de la presión total:

$$P_t = p_n + p_v \quad \dots (1)$$

a. La presión normal

Es la que ejerce el líquido contra la pared de una tubería o recipiente que lo contiene, ya esta se encuentre circulando o en reposo. Si el fluido se encuentra reposo, la presión se denominará "presión estática". Si el fluido se encuentra circulando se denominará "presión residual". Si la presión ejerce una columna de agua se encuentra relacionada con su peso específico, está comprendida por la ecuación 2.

$$p = \gamma \cdot h \quad \dots (2)$$

En unidades SI, el peso de un metro de columna de agua es igual a 9,81 kPa de fuerza.

b. Velocidad de presión

Es la velocidad que adquiere una masa de agua al aplicarse sobre ella una presión. Es la misma que si esta masa cayera libremente desde el estado de reposo desde una altura determinada. Y se define en la siguiente ecuación 3.

$$p_v = \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad \dots (3)$$

Donde:

Pv: Presión de velocidad.

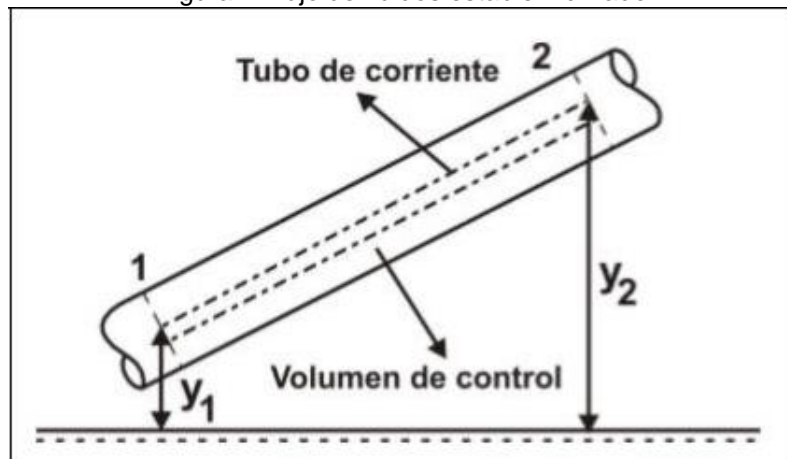
P: Presión

V: Velocidad

2.5.3. Teorema de Bernoulli

El teorema de Bernoulli expresa la ley física de conservación de la energía aplicada a los problemas de los fluidos incompresibles. se puede expresar como sigue: "En un fluido estacionario sin rozamiento, la suma de la altura de la velocidad, altura de presión y altura geométrica es constante en todas las partículas del fluido a lo largo de todo su recorrido". En otras palabras, la presión total es igual en todos los puntos del sistema. Sin embargo, los sistemas reales cuentan con rozamiento, por lo que en la práctica se debe tener en cuenta las pérdidas por rozamiento y otros factores que ocasionen fricción.

Figura 7 Flujo de fluidos estable inclinado



Fuente: Tesis pregrado

La expresión matemática del teorema de Bernoulli para la determinación del flujo de fluidos en un conducto inclinado (Figura 7) entre los puntos "1" y "2" considerando las pérdidas totales está dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_r \quad \dots(4)$$

Donde:

V: velocidad (m/s)

g: aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

p: presión (Pa)

z: altura geométrica por encima del P. R. (m)

y: peso específico del fluido (N/m³).

hr: pérdida de altura total entre los puntos "1" y "2" (m)

La ecuación indicada (4) se conoce como la modificación de la Ecuación de Bernoulli y puede ser aplicada a diferentes tubos rectos interconectados mediante distintos tipos de accesorios y conectores.

2.5.4. Pérdida de carga en una tubería

A continuación, en la ecuación 5 muestra la fórmula para hallar la pérdida de carga "hr".

$$h_r = h_{rp} + h_{rs} \quad \dots (5)$$

Donde, las pérdidas primarias son representadas por h_{rp} y las pérdidas menores del sistema de conducción del fluido son representadas por h_{rs} .

a. Pérdidas de carga primarias

Son las pérdidas que involucran la rugosidad interna de los tubos y accesorios, se encuentra representada por la ecuación 6 de Darcy Weisbach.

$$h_{rp} = f \cdot \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \dots (6)$$

Donde:

L: Longitud de la tubería (m).

D: Diámetro interno de la tubería (m).

f : Factor de fricción de Darcy-Weisbach.

Es complejo determinar el factor de fricción "f", debido a la dependencia funcional del Número de Reynolds (Re) y a rugosidad relativa (ϵ/D), sin embargo, se puede determinar

mediante ecuaciones. Estas ecuaciones se pueden correlacionar mediante el diagrama de Moody que es un ábaco importante para determinar en forma directa y práctica el factor de fricción "f".

b. Pérdidas de cargas menores

Las pérdidas menores involucran componentes del sistema de conductos tales como las válvulas, codos, conexiones en T, contracciones, uniones de tuberías, etc.

Estos elementos aumentan las pérdidas de carga global del sistema, en algunos escenarios son de mayor importancia que las pérdidas primarias.

La ecuación 7 considera las pérdidas menores dada por la ecuación de Darcy.

$$h_{rs} = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \dots(7)$$

Donde; el coeficiente de resistencia de los elementos menores del sistema de conducción está representada por K.

2.5.5. Descarga de agua a través de orificios

Cuando el líquido sale de una tubería, conducto o recipiente a través de un orificio hacia la atmósfera, la presión normal se convierte en altura de velocidad. El caudal del agua a través de un orificio puede expresarse en función de la velocidad y de la sección, siendo la relación básica $Q = A \cdot V$ del chorro donde: Q es el caudal en m³/s, "A" la sección en m² y "V" la velocidad en ese punto en m/s, se representa en la ecuación 8:

$$Q = 0.066 D^2 \sqrt{P_v} \quad \dots (8)$$

Donde:

Q: caudal (l/min.)

D: diámetro interior (mm)

Pv: presión de velocidad (kPa)

Las ecuaciones mencionadas suponen: que el chorro es continuo y del mismo diámetro que el orificio de salida, y que la totalidad de la altura se convierte en presión de velocidad,

uniforme en toda la sección. Al ser un caso teórico es poco probable obtener el resultado, como se verá en la explicación siguiente.

En condiciones reales con lanzas u orificios, la velocidad, considerada como velocidad media en toda la sección del chorro, en oportunidades es inferior a la velocidad calculada a partir de la presión. Esta reducción se da por el rozamiento del agua con las paredes internas de la lanza u orificio, así como a la turbulencia dentro de la lanza u orificio, expresándose mediante un coeficiente de velocidad C_v . Los valores de C_v se calculan mediante pruebas de laboratorio. Cuando las lanzas se encuentran bien diseñadas, este coeficiente llega a ser constante y aproximadamente igual a 0,98.

Algunas lanzas son diseñadas considerando que la sección real del chorro sea menor que la del orificio. Esta diferencia se contempla mediante un coeficiente de contracción C_c . Para orificios con aristas vivas, su valor es aproximadamente de 0,62.

Generalmente los coeficientes de velocidad y contracción se combinan como un solo coeficiente de descarga denominado coeficiente de descarga $C_d = C_v \times C_c$, que relacionando con la Ecuación 8 obtenemos que la descarga por un orificio esté representada ecuación básica del caudal.

$$Q = 0.066 C_d \cdot D^2 \sqrt{P_v} \quad \dots(9)$$

Donde el coeficiente de descarga C_d se define como la relación entre la velocidad de descarga real y teórica. Para un orificio o lanza específica, los valores de C_d se calculan mediante procedimientos normalizados de ensayo a partir de esta definición.

2.5.6. Hazen-Williams

La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación de Hazen-Williams, se usa particularmente para la determinación de la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión. Su formulación en función del radio hidráulico es:

$$V = 0.8494 C \cdot (R_h)^{0.63} \cdot S^{0.54}$$

En función del diámetro para unidades de Q: [m³/s] V: [m/s] D: [m],

$$Q=0,2785C*(Di)^{(4,87/1,85)}*S^{(1/1.85)}$$

Qué es aproximadamente igual a la siguiente ecuación 10:

$$Q = 0.2785C * (D)^{2.63} * S^{0.54}$$

...(10)

Donde:

- Rh = Radio hidráulico = Área de flujo / Perímetro húmedo = Di / 4
- V = Velocidad media del agua [m/s].
- Q = Caudal ó flujo volumétrico [m³/s].
- C = Coeficiente (rugosidad del tubo).
- Di = Diámetro interior en [m]. (Nota: Di/4 = Radio hidráulico de una tubería trabajando a sección llena)
- S = Pendiente - Pérdida de carga por unidad de longitud del conducto [m/m].

Esta ecuación es limitada para que se use solamente para casos de estudio, así como cuenta con ventaja solo por asociar su coeficiente a la rugosidad relativa de la tubería que lo conduce, o lo que es lo mismo del tipo de material y el tiempo de uso.

a. Valores para el coeficiente C

En la tabla 4 se muestran los valores de C usados en diseños, estos pueden variar según el tiempo de uso de tuberías por aumentar su rugosidad, disminuyendo su coeficiente: ⁴

⁴[Hazen-Williams Coefficients](#), *Engineering* ToolBox, consultado el 7 de octubre de 2012

Tabla 4 Valores de Coeficiente C

Material	C mín	C máx	Referencia
Polietileno	140	140	1
Policloruro de vinilo (PVC)	150	150	1
Plástico fibroreforzado (FRP)	150	150	1
Hierro galvanizado	120	120	1
Hierro fundido nueva	130	130	1
Hierro fundido 40 años	64	83	1
Hierro fundido 30 años	75	90	1
Hierro fundido 20 años	89	100	1
Hierro fundido 10 años	107	113	1
Concreto	100	140	1
Cobre	130	140	1
Asbesto-cemento	140	140	-
Acero	90	110	-

Fuente: Hazen-Williams Coefficients

2.5.7. AFT Fathom v9

AFT Fathom es un software de simulación dinámica de fluidos para ingenieros, es usado para el cálculo de la caída de presión y la distribución del flujo en el sistema de tuberías y conductos de gas, líquido y baja velocidad.

2.5.7.2. Características principales:

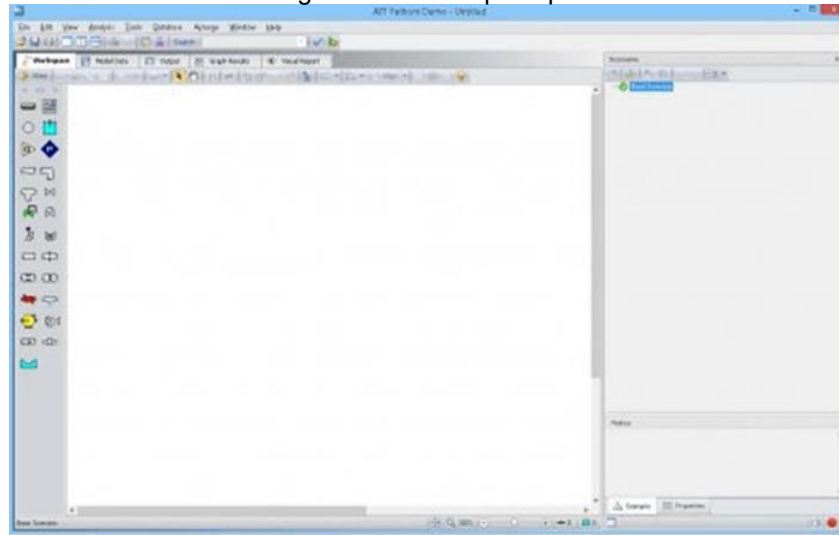
- Solucionador hidráulico avanzado utilizando métodos de matriz de Newton-Raphson.
- Modelado detallado de bombas centrífugas y de desplazamiento positivo.
- Elaboración de informes y gráficos integrados.
- Calcular los costos de tuberías y otros componentes.

3.5.7.2. Funciones del software:

A continuación, en las figuras 8, 9, 10 y 11 muestran los distintos procesos de la aplicación del software.⁵

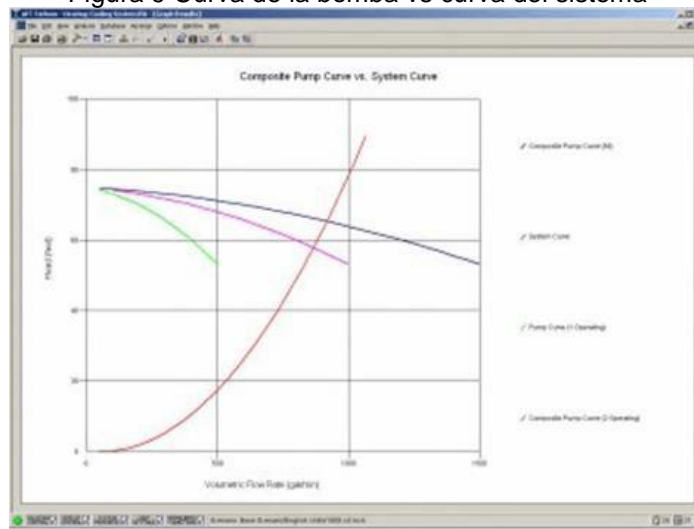
⁵ <https://aft-fathom.software.informer.com/9.0/>

Figura 8 Pantalla principal



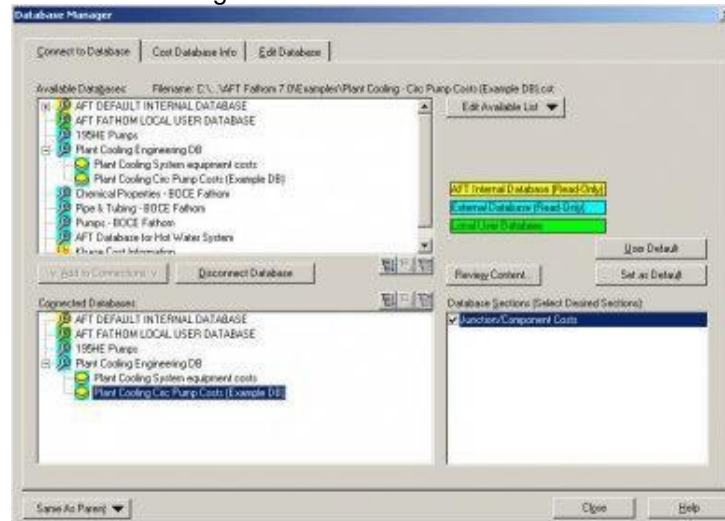
Fuente: aft-fathom.software.informer.com

Figura 9 Curva de la bomba vs curva del sistema



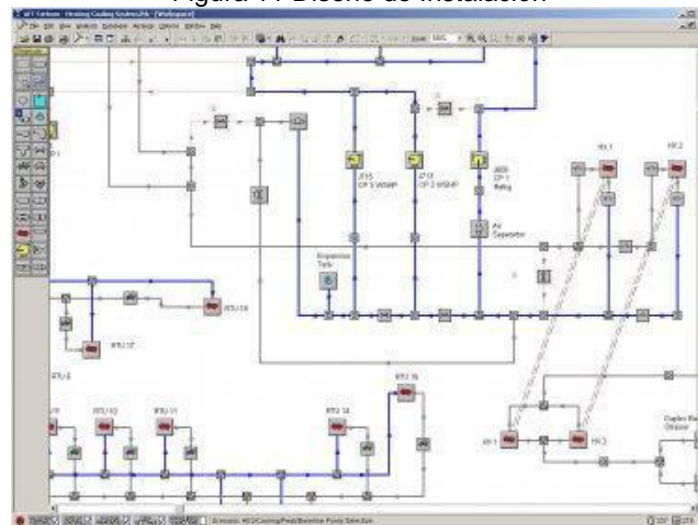
Fuente: aft-fathom.software.informer.com

Figura 10 Corrector de desfase



Fuente: aft-fathom.software.informer.com

Figura 11 Diseño de Instalación



Fuente: aft-fathom.software.informer.com

CAPÍTULO 3:

MARCO METODOLOGICO

3.1. Variable

3.1.1. Definición conceptual de la variable Independiente

- Rediseño del Sistema Contra Incendio

3.1.2. Definición conceptual de la variable dependiente

- Nivel de Riesgo

3.2. Metodología

3.2.1. Tipo de estudio

Este trabajo tiene un tipo de investigación aplicada, ya que se tiene como objetivo buscar mecanismos o estrategias que permiten lograr un resultado concreto, se busca resolver el problema específico mediante herramientas y conocimientos de Ingeniería Mecánica.

3.2.2. Diseño de investigación

Para el presente trabajo, se ha tomado referencia la clasificación que presenta el autor (Hernández R., Metodología de la investigación, 2014), y se considera realizar un diseño no experimental ya que el investigador realizará observaciones sobre los sucesos sin ser alterados, dichas observaciones se realizan en las diferentes etapas del proceso y luego se procederá con el análisis.

3.2.3. Método de investigación

Los principales métodos de investigación desarrollados en el presente trabajo fueron: análisis, síntesis, deductivo, inductivo, descriptivo entre otros.

CAPÍTULO 4:

METODOLOGIA PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA

4.1. Análisis situacional

4.1.1. Descripción de la empresa.

En el tiempo SOLGAS S.A. ha evolucionado organizacionalmente y en infraestructura generando mejoras en la empresa, en la figura 12 se indica la línea tiempo de la empresa.

Figura 12 Evolución de la empresa



Fuente: SOLGAS

Es una empresa dedicada a la comercialización y distribución de GLP, contando con 9 plantas de almacenamiento y envasado en las regiones del Centro, Centro Oriente, Norte y Sur del país. La tabla 5 detalla ubicaciones de las plantas de almacenamiento y envasado de Gas.

Tabla 5 Plantas a nivel nacional

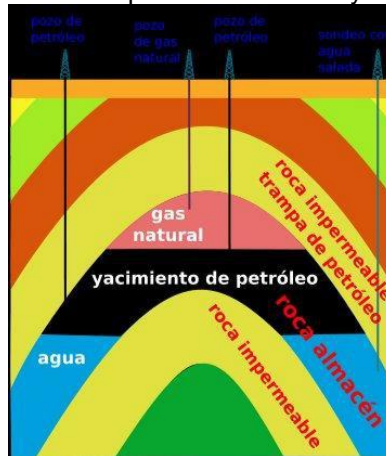
Región	Provincia	Tipo
Centro	Callao	Planta de almacenamiento y comercialización de glp (ppal)
		Planta de envasado y distribución (pven)
	Huancayo	Planta de almacenamiento, envasado y distribución
Norte	Trujillo	Planta de almacenamiento, envasado y distribución
	Chiclayo	Planta de almacenamiento, envasado y distribución
	Piura	Planta de almacenamiento, envasado y distribución
Sur	Arequipa	Planta de almacenamiento, envasado y distribución
	Cusco	Planta de almacenamiento, envasado y distribución
Centro-oriente	Pucallpa	Planta de almacenamiento, envasado y distribución

Fuente: Propia.

La distribución y comercialización del GLP se encuentra en la última etapa de los procesos, las cuales se detallan a continuación:

- **1era etapa.** Exploración, la cual consiste en la ubicación de nuevos pozos que contienen hidrocarburos, se realiza mediante la geofísica de exploración. Ver figura 13.

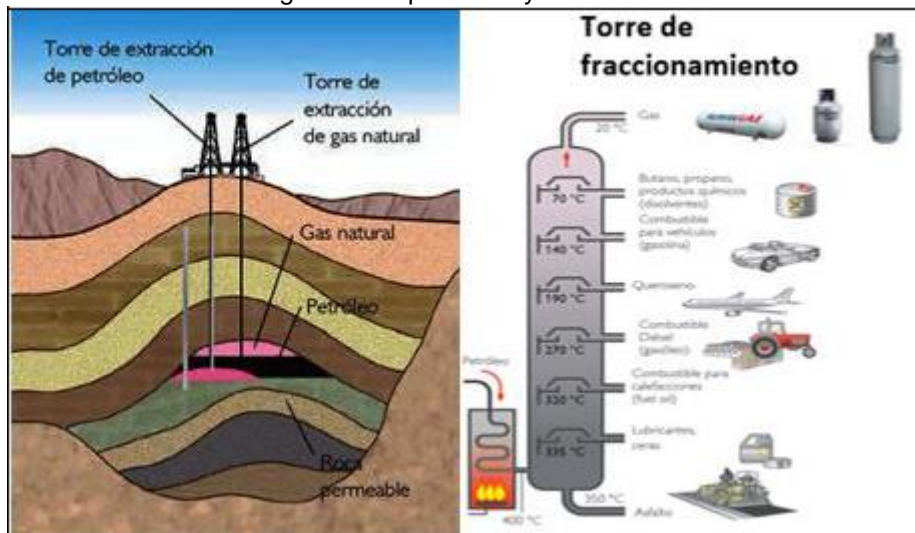
Figura 13 Exploración de nuevos pozos de Petróleo y Gas Natural



Fuente: laotraopinion.net

- **2da etapa.** Extracción y producción del GLP, consiste en extraer el petróleo y gas Natural, mediante diferentes equipos tecnológicos y métodos, desde el subsuelo hasta la superficie, para luego ser procesados por refinación del petróleo o destilación fraccionada del Gas Natural. Ver figura 14.

Figura 14 Exploración y Producción



Fuente: laotraopinion.net (Explotación del Gas Natural)

En las figuras 15 y 16 se muestran los procesos de refinación y destilación del Petróleo y Gas Natural para la obtención del GLP.

Figura 15 Proceso de refinación



Fuente: Osinergmin⁶

Figura 16 Proceso por Destilación



Fuente: Osinergmin

- **3era etapa**, transporte, luego de la extracción y procesamiento, el gas debe ser transportado por diferentes medios tales como; marítimo y terrestre. El transporte marítimo es el medio de abastecimiento de la planta de procesamiento Pluspetrol (Pisco) hasta la Planta de Almacenamiento (Ventanilla) SOLGAS S.A. en la figura 17 se muestra los medios para transportar el GLP.

⁶<http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1432.htm>

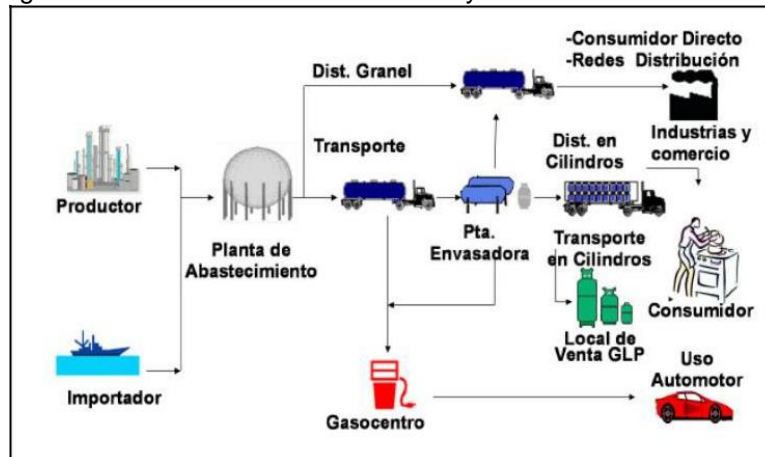
Figura 17 Transporte



Fuente: SOLGAS S.A.

- **4ta etapa**, comercialización y distribución del GLP, se distribuye en producto envasado y granel llegando a nuestros clientes para el consumo residencial, comercial, industrial, pesquero, minería y gasocentros, finalizando con el servicio técnico postventa. En la figura 18 se muestran el almacenamiento y comercialización del GLP.

Figura 18 Proceso de Almacenamiento y Comercialización del GLP



Fuente: Educación en Ingeniería química.⁷

4.1.1.1. Misión

“Somos un conjunto apasionado que, en conjunto con una red de distribución, trabajamos para entregar un servicio innovador, seguro y de excelencia, que facilita y mejora la vida de nuestros clientes”. (SOLGAS, 2017)

⁷<https://www.ssecoconsulting.com/i---dme-nuevo-regalo-de-camisea--parte-i.html>

4.1.1.2. Visión

“Ser los mejores en gas líquido y otras energías limpias, preferidos por cada vez más personas en todos los territorios donde operamos”. (SOLGAS, 2017)

4.1.1.3. Valores

Seguridad: busca poner siempre la persona al centro y colocar toda la energía para garantizar la integridad física, psicológica, bienestar y sus anhelos de alcanzar la felicidad.

Hacer bien las cosas: se trabaja incansablemente y exige buscar ir más lejos para cumplir sus compromisos de calidad, seguridad y plazos que determinan los estándares y protocolos se busca no conformarse nunca con la metas y desafíos ya alcanzados.

Pasión por mis clientes / servicios: Se hace visible la fuerza interna y el entusiasmo que moviliza para ir siempre más lejos y brindar el servicio como un elemento fundamental y esencial de la relación con los clientes.

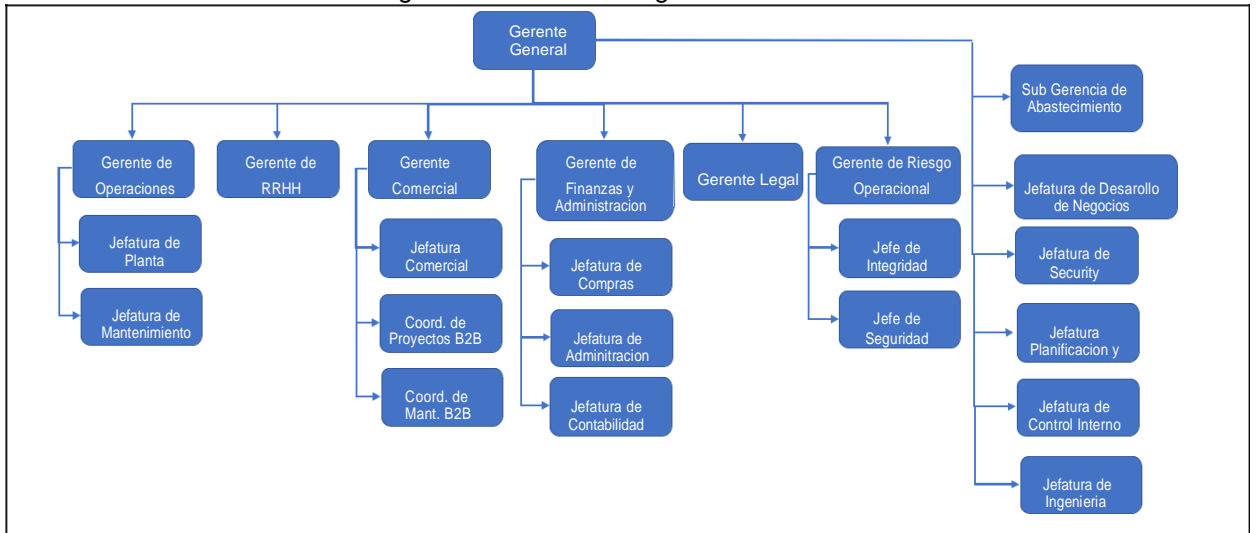
Equipo: Se fomenta la colaboración como fuente de creación de valor donde el trabajo conjunto permite y facilita realizar las cosas bien y llegar más lejos. (SOLGAS, 2017)

4.1.1.4. Estructura organizacional

La empresa SOLGAS S.A. tiene una estructura organizacional de forma horizontal, que está compuesta por 6 gerencias, 1 subgerencia, 5 jefaturas importantes que reportan directamente a la Gerencia General y más de 574 colaboradores.

La estructura organizacional de SOLGAS S.A. mostrada en la figura 19 es de tipo funcional, debido a que las actividades están agrupadas por áreas según las funciones de cumplimiento. Encontrando subfunciones, llegando a los diferentes niveles jerárquicos en cada área. El diseño de organización evita la duplicidad en la ejecución de cada una de las actividades.

Figura 19 Estructura Organizacional



Fuente: (SOLGAS, 2019)

4.1.2. Ubicación

La Planta de almacenamiento de GLP de SOLGAS S.A mostrada en la figura 20, almacena GLP recolectado vía marítima principalmente, a través de buques, pero también lo puede recibir a través de camiones cisterna, procedentes de la Refinería de La Pampilla, ubicada a 1 km de la Planta aproximadamente. La Planta de Abastecimiento de GLP queda ubicada en la Autopista Ventanilla km 24 Distrito Ventanilla, Provincia Constitucional del Callao, Departamento Callao, Perú.

Figura 20 Ubicación de la Planta de Almacenamiento – SOLGAS S.A.



Fuente: Propia

En tabla 6 se muestran las coordenadas geográficas y proyección UTM-WGS-84 del emplazamiento:

Coordenadas geográficas	
Longitud (Oeste)	77° 07' 55"
Latitud (Sur)	11° 56' 02"
Proyección utm (sistema cartográfico de la universal transversal de mercator utm)	
Abscisa "x"	267.804
Ordenada "y"	8.679.856

Fuente: (TEMA S.A.C. mayo 2016)

Los límites de los emplazamientos son:

- Norte: con terrenos sin ocupación perteneciente a terceros.
- Este: con una zona árida denominada "Pampa de los Perros".
- Oeste: con la Estación de CORPAC (Terreno baldío).
- Sur: con la Estación Cuarentenaria (Almacén de container).

4.1.3. Vías de acceso

Se puede ingresar a la Planta de Almacenamiento de GLP desde la Carretera Néstor Gambetta 131, Ventanilla o desde la Avenida Chillón, las que pasan tocando el perímetro de las instalaciones. La figura 21 muestra la vía de acceso.

Figura 21 Vías de acceso a la Planta de Almacenamiento de GLP - SOLGAS S.A



Fuente: Propia

4.1.4. Distancias respecto a Zonas Urbanas, Edificaciones, Centros Poblados.

Se toma como referencia la ubicación de la Planta y se considera los siguientes criterios:

- Ubicación de las instalaciones y otras actividades relativas al almacenamiento de GLP.
- Límites geográficos de la Planta.
- Impacto ambiental y social sobre las áreas circundantes como resultado del desarrollo de las actividades de la planta, el cual puede ser positivo o negativo.

El área de Influencia Indirecta en la que se manifiestan los impactos ambientales de las actividades y operaciones de planta tiene un radio de 3 km con epicentro en la instalación. Dentro de esta área se han identificado las urbanizaciones, asentamientos humanos y áreas industriales que se indican en la tabla 7.

Tabla 7 Población y distancia de las zonas urbanas e industriales con influencia

Urbanizaciones / Asentamientos Humanos / Zona Industrial	Población (nº habitantes)	Distancia (m)
Víctor Raúl Haya de la Torre	3,090	450
Márquez	13,293	880
Parque porcino	2,080	1,600
Planta envasadora de GLP – SOLGAS S.A.	380	500
Refinería la Pampilla (Repsol)	1,122	800

Fuente: SOLGAS S.A.

4.1.5. Condiciones ambientales del sitio

La Planta de Abastecimiento de GLP Ventanilla de SOLGAS S.A. en promedio, presenta las siguientes condiciones ambientales indicadas en la tabla 8.

Tabla 8 Condiciones Ambientales

Parámetro	Unidad	Valores
Elevación	Msnm	0
Temperatura – max. / prom. / min.	°C	22,9 / 20,2 / 17,6
Humedad relativa – promedio	%	80,8
Lluvias – promedio anual	Mm	4,9
Vientos – dirección predominante		S
Velocidad máxima del viento	M/s	3,4
Sismicidad		Zona 4

Fuente: (SNC Lavalin, 2017)

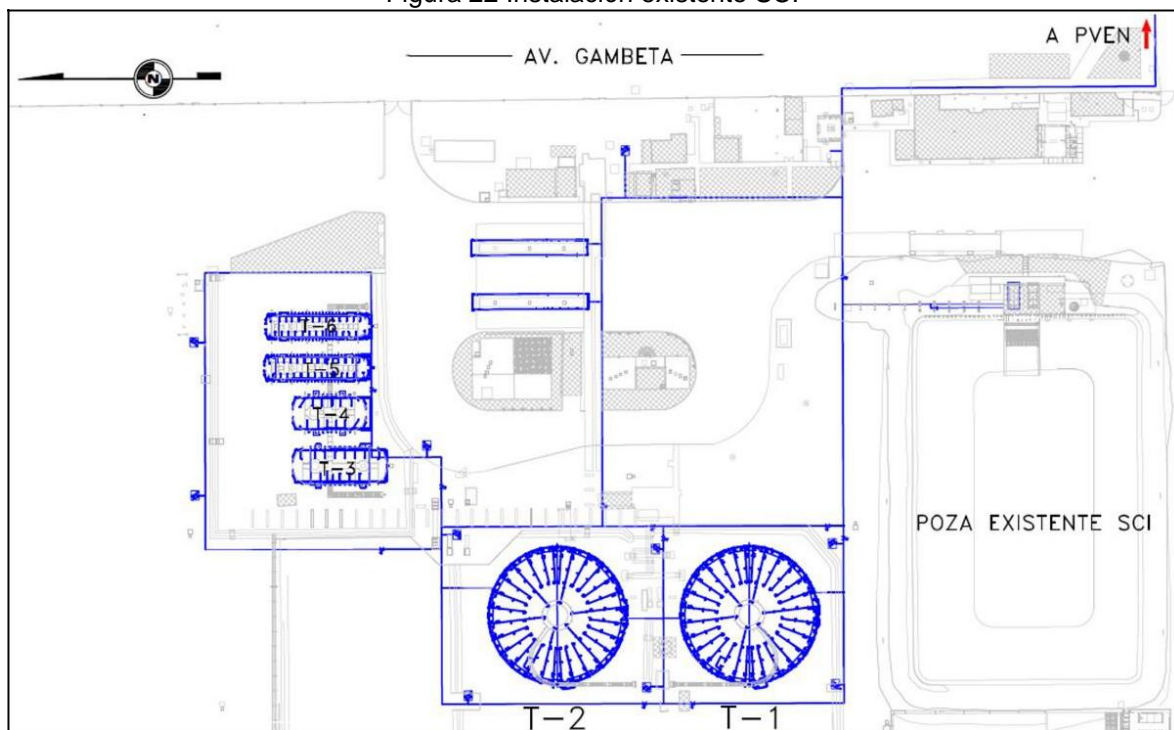
4.1.6. Descripción de las instalaciones (Planta de Almacenamiento)

La Planta de Almacenamiento de GLP de SOLGAS S.A. tiene una superficie de 41.900 m² y sus instalaciones están construidas en un terreno a nivel del mar, en un área con exposición significativa de terremoto.

- Terminal Marítimo o área de recepción por buque de GLP y almacenamiento (dos esferas “T1 y T2”; implementándose una tercera “T-8”).

- Área de almacenamiento de GLP (tanques horizontales): cuatro existentes “T3, T4, T5, T6”.
- Sistema de bombeo que surte a área de despacho de GLP en islas de carga (dos islas de carga existentes dando servicio a 4 cisternas simultáneamente) y salida por tubería hacia la Planta Envasadora de GLP.
- Poza contra incendios de 10,000 m³.
- Red contra incendio protegiendo 2 esferas T-1 y T-2 y 4 tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6, ver figura 22.
- El Sistema de bombeo de GLP está compuesto por siete bombas (P-1A (45 m³/h), P-1C (90 m³/h), P-2A (45 m³/h), P-2C (90 m³/h), P-7A (45 m³/h), P-7B (45 m³/h) y P-8A (45 m³/h).

Figura 22 Instalación existente SCI



Fuente: SOLGAS S.A.

4.1.6.1. Productos Almacenados

a. **GLP:** a condiciones normales es un líquido incoloro e inodoro. El GLP que está en esta instalación puede almacenar variaciones en su composición. Los siguientes fluidos pueden estar presentes en el GLP de esta instalación:

Propano, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$, también se escribe C_3H_8 y C_3

Peso molecular:	44,097
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Inodoro
Punto de ebullición normal, °C (°F):	-42,07 (-43,73)
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	2,3 a 7,3

Propileno, $\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$, también se escribe C_3H_6 y $\text{C}_3=$

Peso molecular:	42,091
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Inodoro
Punto de ebullición normal, °C (°F):	-47,70 (-53,86)
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	2,4 a 10,3

Isobutano, $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$ también se escribe C_4H_{10} e IC_4

Peso molecular:	58,134
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Inodoro
Punto de ebullición normal, °C (°F):	-11,73 (10,89)
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	1,8 a 8,4

Butano, $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ también se escribe C_4H_{10} y nC_4

Peso molecular:	58,134
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Inodoro
Punto de ebullición normal, °C (°F):	-0,51 (31,08)
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	1,6 a 9

Isobutileno, $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}_2$ también se escribe C_4H_8 e $\text{IC}_4=$

Peso molecular:	56,108
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Inodoro
Punto de ebullición normal, °C (°F):	-6,89 (19,59)
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	1,6 a 10,0

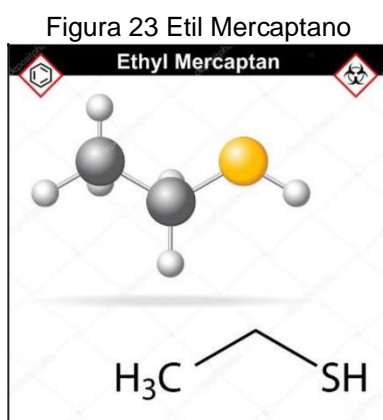
Butileno, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$ también se escribe C_4H_8 y $\text{nC}_4=$

Peso molecular:	56,108
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Inodoro
Punto de ebullición normal, °C (°F):	-6,23 (20,79)
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	1,6 a 10,0

Puede haber otros componentes en el GLP en cantidades muy pequeñas.

b. Etil Mercaptano o Etanotiol: es un compuesto tóxico que se produce naturalmente como un componente menor del petróleo, y que es agregado al GLP, el cual es inodoro, para ayudar a advertir de fugas de gas. En la figura 23 se muestra su estructura química. Etanotiol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$

Peso molecular:	52,134
Estado físico:	Gas o líquido de baja temperatura
Color del gas:	Incoloro
Color del líquido:	Transparente y blanco agua
Olor del gas:	Desagradable
Punto de ebullición normal:	°C 34,7
Límites de inflamabilidad (% vol. En aire):	2,8 a 18,0



Fuente: (SOLGAS S.A, 2017)

4.1.6.2. Unidades de recepción de GLP

El GLP es descargado de los buques a las Esferas de Almacenamiento de GLP T-1 y T-2 y a futuro en la nueva esfera T-8 mediante bombas del propio buque, a través de un primer tramo conformado por siete mangueras de 8" de diámetro por 10 metros de longitud, las cuales están unidas a través de bridas; en un extremo se tiene el CAMLOCK para conexión al buque y el otro extremo se conecta al PLEM (Pipe Line end Manifold) a través de una válvula mariposa de 8", luego continua el tramo de tubería de 12" con una sección submarina de 1.844 m y otra sección enterrada de 870 m, hasta llegar a las Esferas. La figura 24 muestra las esferas.

Figura 24 Esferas de Gas



Fuente: SOLGAS S.A. (proyecto de construcción de esfera)

4.1.6.3. Unidades de almacenaje

El GLP se almacena en las esferas T1 y T2, y se proyecta una tercera esfera “T-8”, que aumentara de la capacidad de almacenamiento de GLP, con un volumen de 2.405.400 galones (9.100 m³). Con un diámetro interno de 85ft. La esfera nueva se encontrará ubicada al norte de las dos (2) esferas existentes en la Planta (T-1 y T-2), y se encuentra apoyada sobre columnas estructurales verticales. El GLP será transportado desde las esferas hacia los tanques horizontales T3, T4, T5 y T6. Las capacidades, dimensiones y condiciones de operación de los depósitos de almacenaje de GLP se presentan en la tabla 9.

Tabla 9 Almacenamiento de GLP

Depósitos	Capacidad (m ³)	Temperatura operación (°C)	Presión operación (bar)	Dimensiones
Esfera T-1	9,100	0-15	3,5-5,5	diámetro=26 m
Esfera T-2	9,100	0-15	3,5-5,5	diámetro=26 m
Esfera T-8	9,100	0-15	3,5-5,5	diámetro=26 m
Tanque Horizontal T-3	670	T Ambiente	5-8	Longitud=18,97 m Diámetro=7.20 m
Tanque Horizontal T-4	501	T Ambiente	5-8	Longitud=14,77 m Diámetro=7.20 m
Tanque Horizontal T-5	285	T Ambiente	2-4	Longitud=20,01 m Diámetro=4,34 m
Tanque Horizontal T-6	285	T Ambiente	2-4	Longitud=20,01 m Diámetro=4,34 m

Fuente: Especificaciones de diseño de tanques horizontales / P&IDs del proyecto

4.1.6.4. Bombeo de GLP

El Sistema de bombeo de GLP está compuesto por siete bombas (P-1A (45 m³/h), P-1C (90 m³/h), P-2A (45 m³/h), P-2C (90 m³/h), P-7A (45 m³/h), P-7B (45 m³/h) y P-8A (45 m³/h). Además, se instalarán dos (2) bombas centrífugas multi-etapa tipo BB4 P-9 A/B (90 m³/h) según API 610, y serán usadas para la transferencia de GLP desde las esferas hacia las islas de carga, con un flujo de 400 gpm y cuatro (4) casos de diferencial de presión de acuerdo con su diseño.

Las bombas de transferencia son accionadas por un motor eléctrico aproximadamente 60 HP que cuenta con un VFD (Variador de frecuencia) lo cual permitirá el bombeo en los diferentes puntos de operación de manera continua. Cada una de las bombas, contará con sus sistemas auxiliares, entre los que se encuentra un plan de sellado tipo Doble sello, balanceado, según API 682.

Las especificaciones técnicas de las bombas se describen en la Tabla 10.

Tabla 10 especificaciones de las bombas

Bombas	Régimen de flujo	Tipo de bomba	Presión (psig)	Motor (HP)
P-1C/2C	90 m ³ /h (400 gpm)	Centrifuga Horizontal	118,9	50
P-1A/2A	45 m ³ /h (200 gpm)	Centrifuga Vertical	50	15
P-7A/B	45 m ³ /h (200 gpm)	Centrifuga Vertical	50	15
P-8A	45 m ³ /h (200 gpm)	Centrifuga Vertical	50	15
P-9A/B	90 m ³ /h (200 gpm)	Centrifuga Horizontal	Descarga; 181 (propano) 154,4 (GLP 40/40 o 30/70)	60

Fuente: SOLGAS S.A.

4.1.6.5. Filtros bomba de transferencia FY-2201/2202

Se va a instalar un (1) filtro tipo “Y” en cada línea de succión de cada bomba de transferencia, por lo que se tendrían dos (2) filtros con capacidad de 400 gpm para GLP (30/70), GLP (40/60) y Propano; los filtros serán instalados en una línea de 8", el diseño del equipo cumplirá con los requerimientos aplicables del estándar ASME B16.34, la inspección y pruebas de acuerdo con los requerimientos del API 598 y el ASME B16.34.

4.1.6.6. Despacho de GLP

El despacho de GLP desde de las Esferas y Tanques Horizontales se realiza directamente a través de cisternas o enviándose a la Planta Envasadora de GLP.

Despacho a través de cisternas:

La Planta de almacenamiento cuenta con dos islas de carga, donde se pueden atender dos cisternas de forma simultánea en cada isla. Cada isla de carga cuenta con dos brazos articulados de carga de 3" de diámetro para conectar a la cisterna, y cada sistema de carga cuenta con una línea de retorno de vapores de 2" de diámetro.

a) Brazos de llenado de camiones cisterna BCL-1901 / BCL-1902 / BCL-2101 / BCL-2102

Se instalará cuatro brazos de carga de líquido a camión cisterna, con capacidad de 400 gpm de GLP. Los brazos serán conectados a una brida de 3" existente que se encuentra al final de la línea del sistema de despacho en las islas de carga. En el otro extremo el brazo se ajustará a la conexión ACME del camión cisterna para cargue inferior.

b) Brazos de recuperación de vapores de camiones cisterna BCV-1901 /BCV-1902 / BCV-2101 / BCV-2102

Se instalará cuatro brazos de recuperación de vapores del camión cisterna, con capacidad normal de 3275.6 lb/h de Propano. Los brazos serán conectados a una brida de 3" existente, la cual hace parte de la línea de recuperación de vapores. En el otro extremo el brazo se ajustará a la conexión ACME del camión cisterna para recuperación de vapores.

4.1.6.7. Redes de drenaje

Se dispone de una fosa de retención de derrames, ubicada al lado oeste de las esferas. Esta fosa tiene unas dimensiones de 107,85 x 16,89 m, y una altura de 2.10 m, permitiendo la contención de 3825,33 m³ de producto derramado. Para derrames de etil mercaptano se dispone de una losa de contención de derrames de concreto armado, ubicada frente a las islas de carga. Esta losa tiene unas dimensiones de 6,05 x 3,60 m, y una altura de 0,20 m, el cual permite la contención de 4,36 m³ de producto derramado.

4.1.6.8. Sistema de control distribuido y enclavamientos causa – efecto

Es un sistema Control Distribuido (SCD), y el Sistema de Enclavamientos o paradas de Emergencia (ESD) es una red de PLC (controlador de lógica programable, siglas en inglés) de Seguridad (certificados frente a IEC 61508). Ambos sistemas son totalmente digitales (basados en microprocesadores). La interfaz gráfica del sistema muestra el estado y variables del proceso, además de las alarmas.

El operador puede utilizar la interfaz para iniciar o parar un equipo, cerrar o abrir válvulas, o para operar los controles en modo manual.

4.1.6.9. Sistema de odorizado

Actualmente el odorizado del GLP se realiza mediante un *skid* odorizador que permite:

- Inyectar odorante independientemente en cada línea para despacho de GLP en las islas de carga (cuatro líneas de Ø 4 SCH 80”).
- Inyectar odorante en la línea para transferencia de GLP a la Planta Envasadora de GLP (una línea de Ø 4 SCH 80”).
- Inyectar odorante homogéneamente y en cantidad que garantice la concentración recomendada de odorante para GLP líquido de 17 g de odorante por metro cúbico de GLP.
- Asegurar la continuidad del suministro de odorante, mediante la instalación de un equipo para bombeo de odorante adicional en stand-by, o que entrará en operación si se presenta alguna falla (la cual se reportará en el panel de control del operador) en algún componente de cualquier equipo de bombeo en servicio. El skid de odorizado cuenta con válvulas de solenoide y *check* en cada línea, con las que se puede conmutar automáticamente a cualquiera de las líneas que no recibe odorante.

Este sistema se encuentra ubicado en una losa de 6,05 m x 3,60 m con muro perimetral de 0,20 m de armado, para contención de derrames. La losa se ubica frente a las islas de carga adyacentes al sistema de medición de flujo másico existente correspondiente a la línea de transferencia de GLP a la Planta Envasadora. El sistema de odorizado cuenta con un skid equipado con 6 bombas de diafragma; P-2101, P-2102, P-1901, P-1902, P-01 y P-

02 (en stand by esta última) y un tanque con cobertura de techo inclinada para el almacenamiento de odorante (360 galones). También se cuenta con unas baterías de gas nitrógeno (2 cilindros de 10 m³ a C.N), conectadas directamente con el tanque de odorante a partir de una tubería de ½ SCH 80", con la finalidad de evitar atmósfera explosiva dentro del tanque.

Se sabe que la masa de odorante a inyectar por metro cúbico de GLP es de 17 g, y se conoce la cantidad de GLP despachado por día, el caudal de odorante a inyectar es de 11,92 galones/día, de manera que se tiene en cuenta el volumen almacenado de odorante en la planta, se tiene stock disponible para 30 días cilindros de 10 m³ a C.N), conectadas directamente con el tanque de odorante a partir de una tubería de ½", con la finalidad de evitar atmósfera explosiva dentro del tanque.

4.1.6.10. Sistema antorcha F-1 (Desmantelado)

El sistema de combustión de gases sobrantes, que actualmente se encuentra desmantelado, consiste en una chimenea autoportante con un tubo ascendente de diámetro nominal de 8 pulgadas y una punta de 3 pulgadas de diámetro nominal. La altura total de la estructura era de 6,1 m y el tubo ascendente de material acero al carbono y la punta de la chimenea de acero inoxidable.

4.1.6.11. Compresor de retorno de vapores C-3

El compresor de retorno de vapores C-3 es un equipo de tipo rotativo perteneciente al Sistema de Descarga de GLP que cuenta con un motor eléctrico horizontal. Su función es la de comprimir los vapores de GLP hacia los tanques horizontales durante la descarga de GLP desde cisternas.

4.1.6.12. Área administrativa

El inmueble es de albañilería y concreto armado, sus elementos estructurales principales (columnas y vigas) tienen una resistencia entre los 210 kg/cm² y al menos 4cm de recubrimiento libre que aseguran la resistencia mínima al fuego en los tiempos establecidos según el ACI.

Los aspectos de seguridad que se analizan se centran en prever un adecuado tiempo de evacuación sobre la base de estudios realizados por la Nacional FIRE Protección Asociación NFPA y plasmado en la Norma N° 1001; así como el cumplimiento de las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

En el edificio administrativo, consta de dos niveles, se encuentran las oficinas administrativas, el comedor, los servicios higiénicos, la sala control y centro de control de motores (CCM). El área del primer nivel consta de 1.986 m² aproximadamente (área techada más área libre) y el segundo nivel de 1.533 m² aproximadamente. La capacidad de aforo total es de 139 personas.

Nivel I: Aforo = 71 personas.

Nivel II: Aforo = 68 personas.

4.1.6.13. Sala de control

Lugar donde se establece el centro de operaciones, control y comunicaciones. Dispone de actuación remota sobre los equipos y visualización de las principales variables operativas del proceso, así como la gestión de alarmas. El área de la sala de control es 13 m². Se implementará una nueva sala de control en el segundo piso que remplazará a la existente.

4.1.6.14. Laboratorio

Se cuenta con un laboratorio cuya área es de 25 m², donde se realizan los análisis fisicoquímicos al GLP, tales como cromatografía y la prueba de corrosión.

4.1.6.15. Vías de circulación vehicular interna y externa

Las vías de circulación vehicular dentro de planta de almacenamiento están señalizadas, además, se cuenta con letreros que indican la velocidad máxima de circulación. Las unidades que ingresan para cargar GLP acceden a través de la puerta N° 1, luego giran a la derecha para ingresar a la balanza de camiones, saliendo de la balanza y girando hacia la izquierda bordeando el jardín para luego ubicarse en un punto de carga. El retiro de las unidades se realiza también por la puerta N° 1. En la siguiente figura se señalan con flechas rojas el sentido de circulación dentro de planta.

4.1.6.16. Estacionamiento de vehículos

Existen 2 zonas destinadas para el parqueo de vehículos particulares, una dentro y otra fuera de la planta. El aparcamiento dentro de la planta es restringido y requiere de la autorización expresa del jefe de operaciones. Las unidades para transporte de GLP, camiones cisterna y camiones graneleros, aparcan en las afueras de la planta, a la espera de su turno para ingresar a planta a cargar GLP.

4.1.6.17. Descripción de procesos

a) Sistema de recepción de GLP

La recepción es realizada desde buques – tanque a través de una línea 12” de diámetro nominal. La porción submarina de esta tubería está recubierta con aislamiento térmico de polietileno de 3/8” de espesor. La tubería enterrada se encuentra recubierta con un aislamiento térmico de poliuretano alveolar de 1” de espesor y protegido con una chaqueta de aluminio.

Cerca de la zona de almacenamiento, la línea de recepción se ramifica en dos tuberías de 10” de diámetro nominal que no cuentan con aislamiento térmico. Cada una de estas líneas conduce el producto descargado a uno de los dos tanques de almacenamiento esféricos T-1 y T-2. La línea de llenado de la esfera T-8 (nueva), se interconectará por medio de una tee bridada desde el cabezal de transferencia del buque tanque hasta la esfera T-8.

La línea de recepción permite descargas a un régimen de hasta 2.202 gpm (500 m³/h). El producto ingresa a cada esfera por la parte superior, a través de un distribuidor. Al ingresar, el líquido frío recibe calor del vapor contenido en el tanque, con lo que se produce una condensación parcial del vapor y una consecuente reducción de la presión en el tanque.

La válvula motorizada HV-301, de tipo ON – OFF, está ubicada cerca de la línea de playa y permite aislar la tubería submarina del resto de la Planta. Las válvulas de control PV-306 y PV-307, que permiten el ingreso del producto a los tanques T-1 y T-2 respectivamente, operan normalmente en posición completamente abierta y se cierran al recibir través del PLC (controlador de lógica programable, siglas en inglés) las señales de presión o nivel

alto de los instrumentos relacionados con el control de estas variables de la correspondiente esfera.

b) Sistema de almacenamiento de GLP

El GLP será almacenado en las esferas T-1, T-2 y la nueva T-8 que, al igual que las esferas existentes, contará con medición de nivel, temperatura y presión con señal sobre el nuevo sistema de control. Asimismo, la nueva esfera T-8 contará con válvula interna en la línea de salida hacia la succión de las bombas de transferencia nuevas P-9A/B o existentes P-1C/2C, dependiendo de la configuración seleccionada y hacia el *manifold* de distribución el cual permite la alineación hacia islas de carga o hacia los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6 para el almacenamiento de GLP y de producto segregado (C3 y C4); cuyas capacidades se muestran en la siguiente Tabla 11.

Tabla 11 Capacidad de almacenamiento.

Tanque	Tipo	Capacidad (m ³)
T-1	Esfera	9,100
T-2	Esfera	9,100
T-8	Esfera	9,100
T-3	Tanque horizontal	670
T-4	Tanque horizontal	501
T-5	Tanque horizontal	265
T-6	Tanque horizontal	265

Fuente; SOLGAS S.A.

Los tanques esféricos (T-1, T-2 y T-8) están diseñados para operar a las condiciones límite que se indican en la tabla 12.

Tabla 12 Condiciones límites de operación de los tanques esféricos

Parámetros	Valor
Presión máxima	135 psig (9.30 barg)
Temperatura mínima	41°F (5°C)
Temperatura máxima	100°F (37.8°C)
Nivel máximo con propano comercial	74.0 pie (22.56) (87.0%)
Nivel máximo con butano comercial	64.4 pie (19.63m) (75.8%)

Fuente: (TEMA S.A.C., Mayo 2016)

c) Sistema de despacho

- El despacho es realizado de cualquiera de las esferas a las islas de carga de camiones, a los tanques horizontales o a la Planta Envasadora de GLP, a un régimen de hasta 396 gpm.
- El despacho también es realizado desde los tanques horizontales a las islas de carga, a un régimen de hasta 200 gpm.
- El sistema de despacho cuenta con un sistema de recirculación para proteger a las bombas de la condición de flujo mínimo.
- El sistema de despacho también tiene implementado un sistema de retorno de vapores que cuenta con dos (2) líneas de 3" de diámetro nominal, y permite el retorno desde los camiones cisterna a los tanques horizontales y esféricos.

d) Sistema de odorización

El sistema de odorización inyecta odorante cuando hay flujo de producto en las tuberías de impulsión del sistema de despacho a camiones cisterna. La inyección de odorante puede ser suspendida, si así se desea, mediante el control en *stand by* del sistema. Dado que durante el despacho a camiones cisterna los vapores de retorno contienen el odorante y que éste es una sustancia corrosiva, los vapores de retorno sólo son dirigidos a los tanques horizontales y no a los tanques esféricos.

e) Sistema de aire comprimido

El sistema de aire comprimido está conformado por dos compresores el C-2A y el C-2B, los cuales comprimen aire que funciona como aire de instrumentos para los múltiples procesos existentes. Una línea envía el aire comprimido directamente a la Planta potabilizadora de agua PTAP N° 1 y la otra línea lo envía hacia un primer tanque pulmón el TP-1 del cual sale una línea que se subdivide en 2, una que suministra el aire comprimido a válvulas internas de las esferas T-1, T-2 y la otra pasa al siguiente tanque pulmón el TP-2 que suministra aire al resto de procesos como son:

- Sistemas GLP T-1 y T-2, Islas de carga, SCI de islas de carga, válvulas internas de los tanques horizontales, bombas P-7A / P-7B, SCI de tanques horizontales y a los tableros de control neumático.

4.1.6.18. Flexibilidad operativa

El diseño de los nuevos equipos (esfera T-8 y bombas P-9A/B), permitirán la flexibilidad operativa requerida para operar desde las esferas existentes T-1 y T-2 con las bombas nuevas P-9A/B y la esfera nueva T-8 con las bombas existentes P-1C/2C. Además, permitirá la alineación que se maneja actualmente y la alineación de la esfera nueva T-8 con las bombas nuevas P-9A/B, así como la operación de trasiego entre esferas.

Adicionalmente, la nueva esfera T-8 contará con válvulas internas en las líneas de entrada de GLP, de retorno de vapores de islas y recirculación de bombas. Las nuevas bombas de transferencia P-9A/B contarán con variador de velocidad y medición de variables propias de las bombas como potencia y niveles de sello, al igual que las bombas existentes.

4.1.6.19. Sistema de recepción del GLP desde la Refinería La Pampilla

Refinería La Pampilla S.A.A. (RELAPASAA) cuenta con un ducto de GLP de 8" de diámetro, SCH 40 y 790 m de longitud, el cual comienza en el patio de tanques sur, en el lindero de RELAPASAA y termina en un punto de interconexión con la tubería por la que SOLGAS transfiere GLP (fase líquida) odorizado desde su Planta de Abastecimiento hacia su Planta de Envasado. El sistema de recepción de GLP desde RELAPASAA se encuentra contiguo al sistema de almacenamiento de mercaptano, tal como se indica en la figura 25.

Figura 25 Ubicación del Sistema de Recepción de GLP desde RELAPASAA



Fuente: SOLGAS S.A.

El sistema de transferencia de GLP desde RELAPASAA hacia SOLGAS S.A. cuenta con protección catódica en todo el ducto la cual usa corriente impresa para su protección contra la corrosión externa.

El ducto cuenta también con un sistema SCADA y la instrumentación necesaria para implementar un sistema automático de detección de fugas de GLP por el ducto.

Adicionalmente, el ducto cuenta con dos sistemas de detección de fugas (LDS), los mismos que funcionan de manera independiente: Uno basado en balance de materia que utiliza la medida del coriolis y dos transmisores de presión en cada extremo del ducto para alertar una fuga y su posición (LDS – ATMOS), y el otro basado en la detección de cambios de temperatura mediante por fibra óptica. Se utilizan dos cables de fibra óptica dispuestos próximos al ducto (parte superior e inferior) en un arreglo de hilos de cuádruple redundancia para alertar en caso detecte una fuga y su posición (LDS – Focus).

La operación normal del ducto normal de transferencia se realiza de manera semiautomática, ya que las operaciones de transferencia se realizan en lotes de manera coordinada entre las plantas implicadas. Luego de verificarse el alineamiento de válvulas se dispone de válvulas de cierre automático para la apertura del ducto en ambos extremos; estas válvulas tienen accionamiento de apertura y cierre a nivel local (en campo) y a nivel virtual (botón virtual en esquemático de control) y se accionan bajo demanda, es decir, se

operan al iniciar y terminar una transferencia de GLP. Estas válvulas tienen confirmación de posición de apertura y cierre para supervisión.

La apertura/cierre tanto local como remota de las válvulas es accionada de manera independiente; ninguna planta tiene injerencia sobre el accionamiento de la válvula de la otra planta. La apertura/cierre virtual de la válvula de cierre del extremo de SOLGAS puede ser accionada del esquemático de control de la Planta de Abastecimiento de GLP Ventanilla.

La puesta en servicio de la bomba de transferencia se realiza de manera manual y se emplea en operación normal solo una bomba de transferencia quedando la otra de respaldo. Típicamente las situaciones de emergencias operativas (eventos causados por agentes internos) se producen por una de las siguientes causas:

- Falla del suministro eléctrico, la cual es aplicable al caso de las transferencias por el ducto.
- Falla del suministro de aire a instrumentos, aplicable también al presente caso.

Tomando en cuenta las causas aplicables a las operaciones, la acción inmediata para cada situación es la parada del sistema por emergencia operativa.

4.1.7. Sistema contra incendio

4.1.7.1. Descripción del sistema contra incendio

La Planta de Abastecimiento cuenta con detectores de gas ubicados en las zonas de las esferas, tanques horizontales, bombas de proceso, zonas de recepción y transferencia e islas de despacho.

El sistema contra incendios cuenta con una piscina de almacenamiento de agua de una capacidad de 9.500 m³, dos bombas contra incendio la P-3A/3B cada una con su tanque de almacenamiento de diésel (TD-8/9) y una bomba jockey P-4, las cuales suministrarán el agua requerida para las Esferas T-1, T-2 y T-8, los tanques horizontales T-3, T-4, T-5, T-6 y la isla de carga.

Sin embargo, SOLGAS S.A. actualmente se encuentra desarrollando el proyecto de rediseño del sistema contra incendio de la Planta de Abastecimiento de GLP – Ventanilla, con la finalidad de incluir las siguientes actividades:

- Instalación de una nueva red contra incendio.
- Nueva poza de almacenamiento de agua con capacidad de 10,000 m³.
- Adecuación del sistema de enfriamiento por aspersores para esferas de almacenamiento de GLP existentes (T-1 y T-2) e instalación del sistema de enfriamiento en nueva esfera (T-8).
- Instalación de 04 bombas contra incendio listadas UL.
- Instalación de manifold de válvulas diluvio que permitan la activación de los sistemas de enfriamiento de las esferas de almacenamiento de GLP, tanques de almacenamiento de GLP e islas de carga de camiones cisterna.
- Reubicación e instalación de monitores e hidrantes.
- Instalación de válvula siamesa para conexión externa de brigadas de bomberos.
- Mejoras en los sistemas de enfriamiento de tanques horizontales e islas de carga de GLP.
- Equipos no listados.
- Instalación de Sistema Fire&Gas.

La nueva Sala de Control y las salas eléctricas contarán con un sistema de extinción de acuerdo con la normativa aplicable.

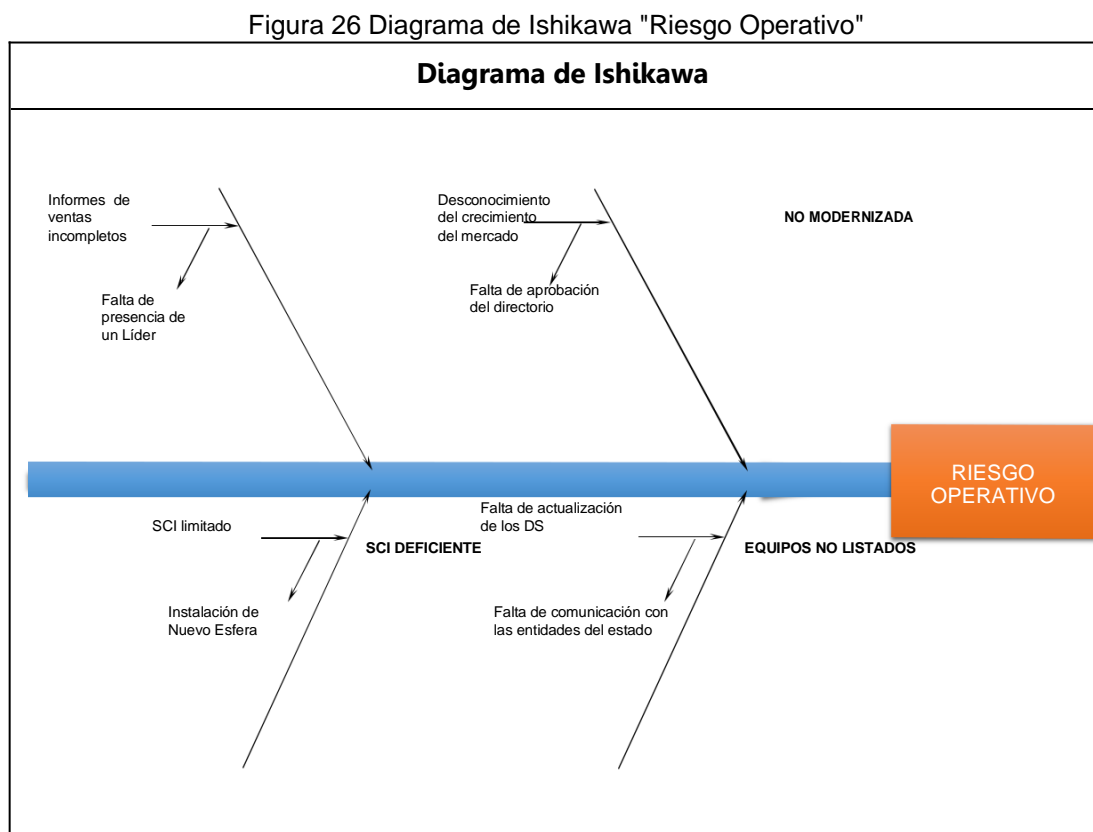
4.1.1.1. Filosofía del sistema contra incendio: sistema fire & gas y válvulas de diluvio

La Planta de Abastecimiento contará con detectores de gas y fuego ubicados en las zonas de las esferas, tanques horizontales, bombas de proceso, zonas de recepción y transferencia e islas de despacho.

La activación de cualquier detector de fuego lanzará automáticamente las alarmas sonoras (bocina) y visuales (baliza), y se activará automáticamente los sistemas de aplicación de agua mediante aspersores asociados a dicho sensor.

4.1.8. Factores críticos identificados

Se realiza la evaluación de los factores identificados que originaron el riesgo operativo, durante la reunión con personal interno de las áreas de Abastecimiento, Proyectos, Operaciones, Legal, Logística y el Gerente General de la empresa SOLGAS S.A. Así como acompañados por especialistas que participaron en proyectos similares, en la figura 26 se muestra los factores identificados en las distintas áreas.



Fuente: Propia

4.2. Alternativas de solución

La solución al problema identificado el cual es el nivel de riesgo catastrófico es rediseñar el sistema contra incendios, pero se debe seleccionar el método más idóneo de extinción de fuego que se usará en el rediseño. Para lo cual se ha seleccionado los siguientes métodos:

4.2.1. Métodos de supresión utilizados en la protección contra incendios.

La necesidad de eliminar uno de los elementos que forman parte de la combustión tales como el comburente, combustible y energía la cual produce la reacción en cadena, tendría

como resultado la mitigación del fuego. Para la eliminación de algunos de los elementos mencionados se cuentan con distintos mecanismos aplicados para la extinción del fuego, las cuales se indican a continuación:

4.2.1.1. Método de supresión por enfriamiento

En la mayoría de los acontecimientos, el fuego se extingue cuando el material en combustión se enfría por debajo de la temperatura a la que se produce suficiente vapor para mantener la combustión.

El enfriamiento superficial en productos gaseosos y líquidos inflamables con punto de inflamación por debajo de la temperatura del agua aplicada no resulta ser muy eficiente. Generalmente, no es recomendable emplear agua para líquidos con punto de inflamación por debajo de 100 °F (37,8 °C).

La cantidad de agua necesaria para extinguir un fuego depende de la intensidad del incendio. La extinción depende de la eficiencia con la se aplique el agua a un caudal suficiente.

Es un método efectivo para descargar agua de tal manera que se absorba el máximo calor. Se dispone con información de factores que afectan a la velocidad de absorción de calor y a la vaporización de las gotas de agua. Debido a que estos factores no pueden controlarse estrechamente en la mayoría de los casos, no pueden utilizarse para cálculos exactos en el momento de un incendio. En la figura 27 se muestra la forma de aplicación del método por enfriamiento.

Figura 27 Método por Enfriamiento



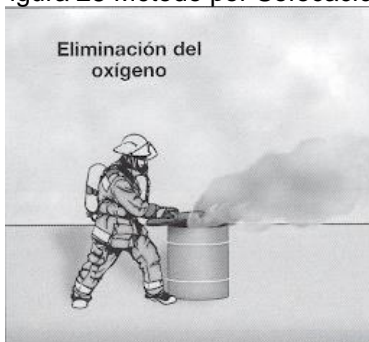
Fuente: Manual del contra fuego

4.2.1.2. Método de supresión por sofocación

El aire se desplaza incluso hasta suprimirse si se genera el vapor suficiente. La combustión de algunos materiales puede mitigarse con este tipo de acción sofocante, que se produce con mayor rapidez si el vapor generado puede confinarse, en la zona de combustión. El proceso de calor mediante vapor termina cuando éste empieza a condensarse, cuando dicho cambio se produce, se forman nubes visibles de vapor de agua, Ver figura 28.

El agua sofoca el fuego de un líquido inflamable cuando el punto de inflamación es superior a 37,8 °C y su densidad relativa es mayor a 1,1, además de no se soluble en agua. Para conseguir este efecto de la manera eficaz, se le añade agua espumante y es aplicada de una forma suave.

Figura 28 Método por Sofocación



Fuente: Manual del contra fuego

4.2.1.3. Método de supresión por emulsificación

Este método es logrado cuando se agitan juntos dos líquidos inmiscibles dispersándose uno sobre otro. La extinción por este método se logra aplicando agua directamente a líquidos viscosos de tipo inflamable tal como se muestra en la figura 29, ya que, en el enfriamiento aparece en forma de espuma espesa, la cual retrasa la emisión de vapores inflamables. Se debe actuar de manera segura si el procedimiento se aplica a líquidos con cierta profundidad, dado que espuma puede producir el derrame de líquido caliente fuera del recipiente del contenedor. Generalmente, para la extinción por emulsión se aplica el agua pulverizada fuerte y gruesa. No es recomendable el empleo de chorros compactos que podrían producir espumas violentas.

Figura 29 Método por Emulsificación



Fuente: Manual del contra fuego

4.2.1.4. Método de supresión por dilución

Algunos fuegos de materiales inflamables se pueden extinguir por el método de dilución. El porcentaje de dilución es variable, así como el volumen de agua aplicada y el tiempo de extinción tal como se muestra en la figura 30. Tomando como ejemplo, la dilución se puede aplicar con éxito contra un fuego de alcohol metílico o etílico, si se cuenta con una mezcla adecuada de agua y alcohol; sin embargo, no es aplicada en depósitos. Se tendrá un rebose, debido a la gran cantidad de agua que se requiere, y espuma, si la mezcla llega a la temperatura de ebullición del agua, hace que el método no sea efectivo.

Figura 30 Método por Dilución



Fuente: Manual del contra fuego

4.2.2. Elección del método apropiado

En las siguientes tablas 13 y 14 se describirá los criterios considerados para la calificación de cada factor de evaluación, así mismo se indica la descripción de la escala de calificación a usar para realizar la elección de método apropiado.

Tabla 13 Criterio

Criterio	Descripción
Costo de implementación	Inversión realizada considerando trabajo seguro y de calidad
Nivel de eficiencia	Aseguramiento durante la operación
Nivel de calidad	Equipos y materiales listados, mano de obra calificada

Fuente: Propia

Tabla 14 Descripción de criterios para calificación por factor de evaluación.

Calificación	Costo de implementación	Nivel de eficiencia	Nivel de calidad
4	Menor a 500.000 USD	muy alto (sistema contra incendio con menor tiempo de repuesta, equipos listados, diseño eficiente para su operación)	muy bueno diseño e implementación cumpliendo con los decretos superemos nacionales, NFPA y API
3	Entre 500,000 a 1,000,000 USD	alto (sistema contra incendio con tiempo de respuesta limitado, equipos listados, diseño cumpliendo las normas)	bueno diseño e implementación considerando puntos más importantes de los decretos superemos nacionales y NFPA.
2	Entre 1,000,000 a 2,000,000 USD	bajo (sistema contra incendio con tiempo de respuesta bajo, equipos no listados, diseño bajo juicio de expertos)	malo diseño e implementación considerando normas nacionales y juicio de expertos
1	Mayor 5,000,000 de USD	muy bajo (sistema contra incendio limitado)	muy malo diseño e implementación considerando juicio de expertos

Fuente: SOLGAS S.A.

Para realizar la elección se utilizó la tabla 15 mostrada en la parte inferior la cual fue elaborada con la participación de los miembros del equipo del proyecto tal como; el gerente de proyecto, Ingenieros del proyecto, supervisores de obra y juicio de expertos.

Tabla 15 Resultados de evaluación de método a usar

Criterios	Peso	Método de enfriamiento	Método de Sofocación	Método de Emulsificación	Método de Dilución
Costo de implementación	5	1	2	2	2
Nivel de eficiencia	4	4	2	2	1
Nivel de calidad	3	4	3	3	2
Puntaje		33	28	27	20

Fuente: Propia

Se puede concluir que el método de enfriamiento es el de mayor viabilidad en cuanto al nivel de factibilidad necesario para la operación ya que, del sistema contra incendio contará con un tiempo respuesta eficiente considerando que su implementación será considerando el diseño e implementación cumpliendo con los estándares de calidad y construcción indicados en los decretos supremos nacionales y normas internacionales.

4.3. Solución del problema

De acuerdo con la evaluación realizada el método idóneo a considerar para el sistema contra incendio será el de supresión por enfriamiento, método que dará una mejor eficiencia para el tipo operación que se realiza en la planta de almacenamiento.

A continuación, al no contar con una metodología general para el desarrollo y cálculo del rediseño contra incendio en la tabla 16 se presenta etapas lógicas consideradas para el rediseño y cálculo de cada una de las componentes del SCI.

Tabla 16 Etapas del rediseño

Ítem	Etapas
1	Definición
2	Objetivo
3	Alcance
4	Documentos de referencia (Normas legales aplicadas)
5	Bases de calculo
6	Resultados
7	Simulación

Fuente: Propia

4.3.1. Determinación del área de Esferas y tanques horizontales.

4.3.1.1. Definición

La determinación del área de las esferas y los tanques de gas servirá para conocer el área expuesta a proteger, así como iniciar los cálculos de la cantidad de agua de necesaria (poza), aspersores, tuberías y bombas del sistema contra incendio.

4.3.1.2. Objetivo

- Determinar el área de protección expuesta al fuego de las esferas existentes T-1 y T-2, y la nueva esfera T-8.
- Determinar el área de protección expuesta al fuego de los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6.

4.3.1.3. Alcance

Determinación del área de las esferas T-1, T-2 y T-8 así como los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6 de la planta de almacenamiento de Ventanilla.

4.3.1.4. Normas Aplicadas

A continuación, en la tabla 17 se indican los Decretos Supremos nacionales aplicados para el cumplimiento normativo.

Tabla 17 Decreto supremo Nacional

Decreto Supremo	Nombre del documento
Ds 043-em-2007	Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos
Ds 052-em-1993	Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos

Fuente: Propia

4.3.1.5. Bases de Calculo

De acuerdo con los Artículos 99 y 100 del Decreto Supremo N° 052-93-EM y con el Artículo 91 del Decreto Supremo N° 043-2007-EM, el sistema contraincendios para tanques de GLP deberá mantenerse por lo menos durante cuatro horas.

Se tomo la siguiente ecuación para hallar áreas de exposición de las esferas.

$$A_{\text{Esfera}} = 4 \cdot r^2 \quad \dots(11)$$

Donde:

A_{Esfera} : Área de la Esfera [m]

: Radio de la esfera [m]

Para el cálculo de las áreas de exposición de los tanques horizontales se ha considerado que los cabezales son esferas perfectas de radio igual al radio del cilindro, haciendo uso de la ecuación para hallar el área del tanque.

$$A_{\text{tanque}} = \dots + \dots \dots (12)$$

$$A_{\text{Tanque}} = 4 \cdot \dots^2 + 2 \cdot \dots \cdot (h - 2 \cdot \dots)$$

Donde:

A_{tanque} : Área del tanque [m]

: Radio del tanque [m]

h : Longitud del tanque [m]

4.3.1.6. Resultados

Aplicando las ecuaciones indicadas en las bases de cálculo, se sabe:

El diámetro de las esferas T-1, T-2 y T-8 son de:

Diámetro = 26.086 metros, convertiremos a Pie, donde la equivalencia es de:

1 metro = 3.281 pie

Diámetro = 26.086 m = 85.588 pie / $r = 42.794$

$$A_{\text{Esfera}} = 4 \cdot \dots^2$$

$$A_{\text{Esfera}} = 4 \cdot (42.794)^2$$

$$A_{\text{Esfera}} = 23,013.12 \text{ pie}^2$$

Se aplicará la ecuación indicada en las bases de cálculo a uno de los tanques, se sabe:

El diámetro del tanque T-3, es de:

1 metro = 3.281 pie

Diámetro = 24 pie

Longitud = 49.5 pie

$$A_{\text{Tanque}} = 4 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right)^2 + 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D}{2} \right) \cdot (L - 2 \cdot \frac{D}{2})$$
$$A_{\text{Tanque}} = 4 \cdot \pi \cdot (12)^2 + 2 \cdot \pi \cdot 12 \cdot (49.5 - 2 \cdot (12))$$

$$A_{\text{Tanque}} = 5,538.60 \text{ pie}^2$$

A continuación, en la tabla 18 se presenta el cuadro de resultados de las áreas de las esferas y tanques horizontales de Gas (ver anexo 1).

Tabla 18 Cálculo del área

Tanque	Diámetro (ft)	Longitud (ft)	Área Total (ft ²)
T-1	85.5	-	23,011.0
T-2	85.5	-	23,011.0
T-8	85.5	-	23,011.0
T-3	24.0	49.5	5,538.60
T-4	23.9	29.5	3,715.70
T-5	14.2	52.5	2,985.10
T-6	14.2	52.3	2,981.00

Fuente: Propia.

4.3.2. Cálculo del sistema hidráulico de sistema de enfriamiento de las esferas por aspersores.

4.3.2.1. Definición

El sistema de enfriamiento de cada esfera consta de varias secciones con sus respectivos montantes. Para cada sección se ha establecido un punto de interconexión de los montantes con el suministro desde la red principal. La simulación (el diseño) de cada sección incluye el cálculo desde ese punto de interconexión hasta la descarga de los aspersores. Cada sección es tratada como un sistema y se determina su respectiva curva de desempeño. En el dimensionamiento de la red principal se emplea las curvas de desempeño de las secciones (como herramienta para facilitar el cálculo).

4.3.2.2. Objetivos

- Determinar la distribución de aspersores para la protección a la exposición al fuego de las esferas existentes T-1 y T-2, y la nueva esfera T-8.
- Determinar los diámetros de las tuberías que distribuirán el agua contra incendio a los aspersores de las esferas T-1, T-2 y T-8.
- Determinar la curva del sistema de cada sección en el punto de interconexión con las tuberías de distribución de la red principal contra incendio.

4.3.2.3. Alcance

Determinación y cálculo de tipo y cantidad de aspersores para las esferas T-1, T-2 y T-8, de la planta de almacenamiento de Ventanilla.

4.3.2.4. Normativa aplicada.

A continuación, en la tabla 19 se indica los Decretos Supremos nacionales y normas internacionales aplicados para el cumplimiento normativo.

Tabla 19 Decretos Supremos y NFPA

Decreto Supremo	Nombre del documento	
DS 043-EM-2007	Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos	
DS 052-EM-1993	Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos	
Normas internacionales (nfpa)		
Código	Nombre del documento	Edición
NFPA 15	Standard for water spray fixed systems for fire protection	2017
API RP 2030	Application of fixed water spray systems for fire protection in the petroleum and petrochemical industries	2014

Fuente: Propia.

4.3.2.5. Bases de Cálculo

4.3.2.5.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo es mostrada en la tabla 20.

Tabla 20 Condiciones Ambientales

Parámetros	Valor
Presión barométrica (psia)	14.7
Temperatura mínima (°C)	15.0
Temperatura máxima (°C)	32.1

Fuente: Propia

4.3.2.5.2. Consideraciones y criterios de diseño

Presión manométrica mínima en el ingreso de los aspersores: 30 psig, según la sección 8.5 del API RP 2030 y de acuerdo con la sección A.8.1.4 de la NFPA 15. Los diámetros de tuberías y cédulas a considerar se muestran en la tabla 21.

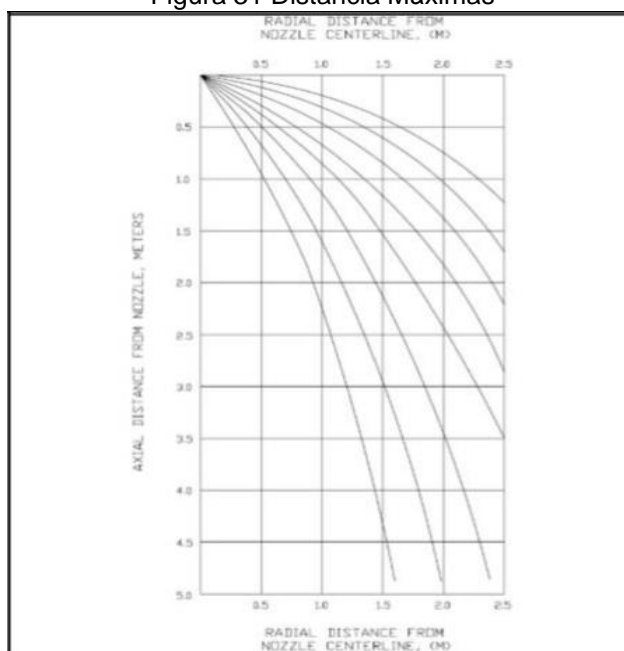
Tabla 21 Diámetros y espesores

Diámetro Nominal (in)	Cédula
1	80
1 1/2	80
2	80
2 1/2	40
3	40
4	40
6	40

Fuente: Propia

- Las distancias máximas recomendadas entre aspersor y pared se muestran en la figura 31. (Ver anexo 2).
- Cuando se contemple chorreo, la distancia entre los aspersores de diferentes niveles no debe superar los 3.7m, medidos a lo largo de la superficie a proteger, según la sección 7.4.2.3 de la NFPA 15 (2017).

Figura 31 Distancia Máximas



Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.2.5.3. Requerimiento teórico, estimado

El requerimiento de flujo teórico se calculará multiplicando la superficie de una esfera por la densidad de aplicación (0.25 gpm/ft²). Para determinar el número de secciones que se considerarán para la protección de la esfera se usará la siguiente ecuación para hallar el caudal requerido, se considera el flujo estimado de agua de enfriamiento el cuál será igual al flujo teórico con un adicional del 48% (garantizar un enfriamiento por encima de las 4 horas).

$$Q = \rho \cdot A \quad \dots(13)$$

Donde:

Q = Caudal en gpm.

P = Densidad (0.25 gpm/pie²)

A = Área a proteger (pie²)

4.3.2.5.4. Diseño de sistema de enfriamiento

Las tres esferas (dos existentes y una nueva) tienen diámetros son iguales, por lo que sólo se realizará un diseño de sistema de enfriamiento el cual se usará en todos los tanques esféricos. En la tabla 22 se indicarán el área de las esferas.

Tabla 22 Área de las esferas

Tanque	Diámetro (ft)	Longitud (ft)	Área Total (ft ²)
T-1	85.5	-	23,011.0
T-2	85.5	-	23,011.0
T-8	85.5	-	23,011.0

Fuente: Propia

4.3.2.5.5. Número de secciones

El número de secciones se obtiene dividiendo el flujo estimado entre el flujo máximo por sección y redondeando el resultado al número par mayor más cercano. El flujo máximo por sección es 3,000 gpm, según la sección A.7.1.10.1 y de acuerdo con la sección 7.1.10.1,

ambas de la NFPA 15. Se aplica la ecuación 14 para hallar el caudal requerido y la ecuación 15 para hallar el número de secciones.

$$Q_{\text{requerido}} = (A \text{ (pie}^2\text{)} \cdot (0.25 \text{ gpm/pie}^2\text{)}) \cdot 1.48 \quad \dots(14)$$

Donde:

$Q_{\text{requerido}}$ = Caudal de enfriamiento

A = Área a proteger (pie^2)

0.25 gpm/pie^2 = Flujo máximo por aspersor

1.48 = Adicional de agua para garantizar un enfriamiento por encima de 4 horas.

$$N_{\text{secciones}} = Q_{\text{max}} \text{ (gpm)} / 3,000 \quad \dots(15)$$

Donde:

$N_{\text{secciones}}$ = Numero de secciones

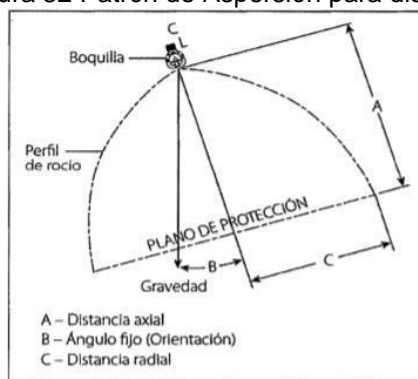
Q_{max} = Caudal máximo total x esfera

$3,000$ = flujo máximo por sección (gpm)

4.3.2.5.6. Zonas de aspersores

Las zonas de aspersores son áreas donde se encuentran distribuidos aspersores ubicados a una distancia fija con un determinado ángulo de aspersión. Estas zonas empiezan y terminan a una altura determinada con respecto al nivel del piso. Las zonas de aspersores se determinarán por la distancia máxima de instalación del aspersor hacia la superficie a proteger según su orientación o ángulo fijo, ver figura 32.

Figura 32 Patrón de Aspersión para diseño.



Fuente: Tesis 2014⁸

⁸DISEÑO HIDRÁULICO DE. UN SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PATIO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE DIÉSEL 85UNIDAD MINERA TOQUEPALA"

El proceso para distribuir aspersores es iterativo y se explica a continuación:

Paso 1.- Se asigna inicialmente, dos zonas: sobre el ecuador y otra bajo el ecuador.

Paso 2.- Se asigna factores K preliminares y se selecciona ángulos de aspersión, empezando por 180°. Se empezará con ángulos de aspersión grandes, como 180° o 160°, resulta en diseños semilla con poca cantidad de aspersores.

Paso 3.- Se realizará una distribución de aspersores, lo que implica ubicar los aspersores sobre la superficie de la esfera y alejarlos hasta una distancia no mayor que la distancia máxima que permitan la orientación, el factor K y el ángulo de aspersión en cada zona. Todos los aspersores se instalan apuntando hacia el centro geométrico de la esfera, de tal manera que quedan perpendiculares a la superficie. De considerarse necesario, se divide una zona en más zonas. Ver anexo 3.

Paso 4.- Se verifica los traslapes de patrones. Aspersores bajo el ecuador Los patrones generados de los aspersores deben traslaparse con los de los aspersores a su alrededor, sin dejar espacios sin mojado directo. Esto puede llevar a aumentar el número de aspersores o a alejar algunos aspersores. De existir aspersores que queden instalados a mayor distancia que la distancia máxima, se cambia el ángulo de aspersión, se disminuye la distancia entre estos y la pared de la esfera. Cualquiera que sea la medida adoptada, se define una nueva zona con una densidad de aspersores (aspersores por unidad de área) superior a la zona inmediata superior. Se repite el procedimiento hasta llegar a la zona inferior de la esfera.

Los patrones de los aspersores deben traslaparse con los dos aspersores contiguos del mismo nivel. Se puede variar el ángulo de aspersión para reducir el traslape.

Paso 5.- Se agrega los aspersores que sean necesarios para las regiones intersecciones que aseguren el correcto mojado en la interfaz de secciones que puedan no activarse simultáneamente; y se agregan los aspersores que sean necesarios debido a

obstrucciones (patas, tuberías de procesos, escaleras, etc.), esto según la sección 7.4.2.5 de la NFPA 15.

Paso 6.- Se selecciona el esquema de tuberías de distribución: vertical u horizontal. **Paso**

7.- Se realiza el ajuste de factores K y diámetros de secciones de tuberías de distribución según se requiere para garantizar la presión mínima de 30 psig en el aspersor hidráulicamente más remoto y el flujo mínimo de cada aspersor en cada zona (es posible que el diseño final tenga zonas con aspersores de diferentes factores K). Para obtener el flujo mínimo por cada aspersor se debe dividir el flujo mínimo para una zona entre el total de aspersores para dicha zona. El flujo mínimo para una zona es el flujo teórico de dicha zona con un incremento del 18%. Este 18% corresponde al estimado de agua que se pierde en traslapes por superposición de los patrones de aspersores adyacentes considerando un arreglo geométrico usando hexágonos y pentágonos. El ajuste de diámetros se hace de tal manera que los diámetros mayores estén cerca de las distribuidoras (telescópica). En el Anexo D-1 se muestra una imagen de referencia del arreglo de aspersores. En el Anexo D-2, D-3, D-4 y D-5 se muestran las imágenes de referencia de los patrones de mojado para una esfera.

4.3.2.5.7. Comportamiento y curvas de sistemas

El requerimiento de presión y flujo mínimos deben asegurar una presión mínima de 30 psig en el aspersor hidráulicamente más remoto. Las curvas de los sistemas de aspersores se usarán para simular el comportamiento de cada sección en la simulación de la red principal. El objetivo es no recargar la simulación de la red principal a fin de que sea ligera y converja rápido. Una curva de sección consta de un rango de flujos volumétricos y presiones totales (o de estancamiento¹) que describen el comportamiento del sistema. El punto de interconexión se visualiza en el Anexo 4.

4.3.2.6. Resultados

4.3.2.6.1. Requerimiento teórico

En la tabla 23 se muestran los requerimientos teóricos y estimados de cada esfera aplicando la ecuación 14.

$$Q_{\text{requerido}} = (A \text{ (pie}^2\text{)} \times (0.25 \text{ gpm/pie}^2\text{)}) \times 1.48)$$

$$Q_{\text{requerido}} = (23,011.00 \text{ pie}^2) \times (0.25 \text{ gpm/pie}^2)$$

$$Q_{\text{requerido}} = 5,752.75 \text{ gpm} \times 1.48$$

$$Q_{\text{requerido}} = 8,514.10 \text{ gpm}$$

Tabla 23 Distribución de Zonas

Esfera	Diámetro (mm)	Área (ft2)	Flujo teórico (gpm)	Flujo estimado con 48% adicional (gpm)
T-1	26,086	23,011.00	5,752.75	8,514.10
T-2	26,086	23,011.00	5,752.75	8,514.10
T-8	26,086	23,011.00	5,752.75	8,514.10

Fuente; SOLGAS S.A.

Se considera que los sistemas individuales de aspersores no descargarán más de 3,000 gpm de acuerdo con lo indicado en el artículo A.7.1.10.1 de la NFPA 15 y la sección del 8.3 del API RP 2030.

Se Aplica la ecuación 15.

$$N_{\text{secciones}} = Q_{\text{max}} \text{ (gpm)} / 3,000)$$

$$N_{\text{secciones}} = 8,514.10 \text{ gpm} / 3,000 \text{ gpm}$$

$$N_{\text{secciones}} = 2.8$$

En la tabla 24 se muestra el flujo máximo del resultado redondeado al número par mayor más cercano, de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.3.2.5.5.

Tabla 24 Numero de Secciones

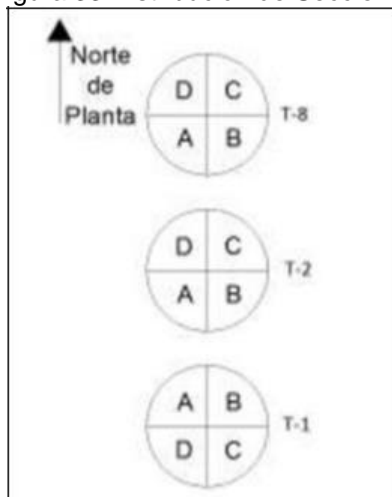
Esfera	Flujo estimado (gpm)	Flujo máximo de sistema o sección (gpm)	Número teórico de sistemas o sección	Número de sistemas o secciones
T-1	8,514.10	3000	2.8	4
T-2	8,514.10	3000	2.8	4
T-8	8,514.10	3000	2.8	4

Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.2.6.2. Secciones

La esfera se dividirá en cuatro (04) secciones. La división en dos cortes: un meridiano paralelo a la línea sur-norte de la planta y un meridiano paralelo a la línea este-oeste de la planta. A cada sección se le asignará una letra: A, B, C y D. En la figura 33 se muestra las secciones de aspersores consideradas en el presente diseño para cada esfera.

Figura 33 Distribución de Secciones



Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.2.6.3. Zonas de aspersores

En la tabla 25 se muestra las zonas de aspersores consideradas en el presente diseño para cada sección y en la tabla 26 el número de aspersores por cada sección.

Tabla 26 Distribución de zonas

Zonas	Ángulo de Orientación ⁹ (°)	Ángulo de Aspersión (°)	Factores K (USC)	Factores K (Métrico)	Distancia (mm)
1	0-20	140	5.6	80.6	1,420
2	20-35	140	2.3	33.1	750
3	35-53	160	4.1	59.0	600
4	53-69	180	5.6	80.6	600
5	69-85	180	5.6	80.6	510
6	85-90	160	2.3	33.1	400
7	90-120	160	2.3	33.1	400
Patás	90	110	1.2	17.3	400
		80			1,450
8	120-150	140	1.2	17.3	400
9	150-80	140	1.2	17.3	300

Fuente: SOLGAS S.A.

⁹ El Ángulo de Distribución está en referencia al polo norte de la esfera (0°).

Tabla 25 Números de Aspersores

Sección	Numero de aspersores
A	158
B	165
C	168
D	165

Fuente; SOLGAS S.A.

En el Anexo 3 se muestra la distribución de zonas.

4.3.2.6.4. Curvas de sistema

La tabla 27 muestra los requerimientos mínimos para cada sección.

Tabla 26 Requerimiento de sección

Sección	Flujo (gpm)	Presión de estancamiento ¹⁰ o total en punto de interconexión (psig)	Presión estática ¹¹ mínima en los aspersores (psig)
A	2,081	76.4	31.8
B	2,212	77.7	31.3
C	2,216	76.9	30.8
D	2,196	77.4	32.0

Fuente; SOLGAS S.A.

Como resultado, el flujo total estimado para una esfera es 8,705 gpm, lo que representa un 51.3% adicional sobre el teórico. En el Anexo 5 se muestra el diagrama de simulación de las secciones para la generación de las curvas. En el Anexo 6 se muestran los datos correspondientes a las curvas de cada sección. En el Anexo 7 se muestra el reporte de simulación de las secciones para los flujos mostrados en la tabla 27.

4.3.2.7. Software de simulación

El software que se usó es AFT Fathom v9, en el cual se realizaron las pruebas de simulación.

¹⁰El término “Presión de estancamiento” es equivalente a “Presión total”, bajo terminología de la NFPA 15.

¹¹ Término equivalente a “Presión residual”, bajo terminología de la NFPA 15

4.3.3. Cálculo del sistema hidráulico de sistema de enfriamiento por aspersores de los tanques horizontales.

4.3.3.1. Definición

El sistema de enfriamiento de los tanques horizontales de la Planta de Abastecimiento de GLP de Ventanilla se basa en la distribución de los aspersores de los sistemas de enfriamiento de cada uno de los tanques horizontales de la Planta de Abastecimiento de GLP de Ventanilla.

4.3.3.2. Objetivos

- Establecer el flujo teórico de agua para el enfriamiento de los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6.
- Dimensionar las tuberías de los sistemas de enfriamiento de los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6.
- Determinar si el sistema de bombeo del Sistema Hidráulico de Red contra incendio. Y validar si es suficiente para el requerimiento del escenario de enfriamiento conjunto de los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6.
- Determinar si una nueva poza de 10,000m³ en conjunto con la existente abastecerá de agua contra incendio al sistema contra incendio por 4 horas durante el escenario de diseño.

4.3.3.3. Alcance

Determinación y cálculo de tipo y cantidad de aspersores para los tanques horizontales T-3, T-4, T-5 y T-6, de la planta de almacenamiento de Ventanilla.

4.3.3.4. Documentos de referencia

A continuación, en la tabla 28 se indican los Decretos Supremos nacionales y normas internacionales aplicados para el cumplimiento normativo.

Tabla 27 Normativa Nacional e Internacional

Decreto Supremo	Nombre del documento	
DS 043-EM-2007	Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos	
DS 052-EM-1993	Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos	
Normas internacionales (nfpa)		
Código	Nombre del documento	Edición
NFPA 15	Standard for water spray fixed systems for fire protection	2017
NFPA 20	Standard for the installation of stationary pumps for fire protection	2016
NFPA 24	Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances	2016
API RP 2030	Application of fixed water spray systems for fire protection in the petroleum and petrochemical industries	2014
Technical Paper No. 410	Flow of fluids through valves, fittings and pipe- crane	2009

Fuente: Propia.

4.3.3.5. Bases de calculo

4.3.3.5.1. Condiciones ambientales.

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo se muestran en la tabla 29.

Tabla 28 Condiciones Ambientales

Parámetros	Valor
Presión barométrica (psia)	14.7
Temperatura Mínima (°C)	15.0
Temperatura Máxima (°C)	32.1

Fuente: Propia.

4.3.3.5.2. Escenario de diseño.

Se considera que el peor escenario en la zona de los tanques horizontales es un pool fire (piscina de fuego) que comprometa a los cuatro tanques presentes en el cubeto mostrado en la figura 34. Por esto, para la determinación de los diámetros de tubería, capacidad de bombeo y almacenamiento de agua a contra incendio se usará un escenario que está compuesto de lo siguiente:

- Enfriamiento del 100% de la superficie de T-3 con aspersores.
- Enfriamiento del 100% de la superficie de T-4 con aspersores.

- Enfriamiento del 100% de la superficie de T-5 con aspersores.
- Enfriamiento del 100% de la superficie de T-6 con aspersores.
- Un chorro de 750gpm de un monitor¹².

Figura 34 Piscina de Fuego¹³



Fuente: SOLGAS S.A.

➤ **Caídas de presión admisibles en la válvula de diluvio**

La caída mínima de presión en las válvulas de diluvio con regulación de presión es 20 psi. En el Anexo 8 se incluye la Guía de Operación y Cavitación de las válvulas de diluvio Viking con piloto C-2, que muestra las combinaciones de presión de entrada y presión de salida en las que no se produce cavitación en la válvula.

➤ **Tuberías**

Todas las tuberías aéreas serán de acero al carbono. Las tuberías aéreas que se encuentren en la descarga de las válvulas de diluvio serán galvanizadas interna y externamente, según la sección 5.3.6.1 de la NFPA 15 (2017).

¹² Según DS-052-93-EM art. 100

¹³ researchgate.net

Todas las tuberías enterradas serán de HDPE. Las tuberías enterradas que se encuentren en la red aguas arriba de las válvulas de diluvio serán clase 200# mientras que las tuberías enterradas que se encuentren aguas abajo de las válvulas de diluvio serán clase 150#.

➤ **Tamaño de pozas de agua contra incendio**

Se tiene una poza existente de agua contra incendio con un volumen útil de 10,000 m³(14) y se ha proyectado la construcción de una poza de agua contra incendio nueva, la cual será ubicada en la zona oeste de la poza existente y tendrá una capacidad similar.

➤ **Distribución de bombas**

Las bombas P-3C (adquirida) y P-3D (por especificar) se instalarán en la nueva poza, mientras que las bombas P-3A y P-3B (adquiridas) se instalarán en la poza existente.

➤ **Curvas de desempeño de bombas**

En el Anexo 9 se muestra la curva de desempeño de referencia para la simulación de las bombas contra incendio adquiridas. Esta curva pertenece a una de las adquiridas, pues todas presentan un desempeño similar.

➤ **Flujo mínimo por tanque**

En la Tabla 30 se muestran los flujos mínimos teóricos¹⁵ de enfriamiento de los tanques y los flujos estimados con un adicional del 25%¹⁶ por traslapes e interferencias. Aplicando la ecuación 14.

$$Q_{\text{requerido}} = (A \text{ (pie}^2\text{)} \times (0.25 \text{ gpm/pie}^2\text{)}) \times 1.48)$$

$$Q_{\text{requerido}} = (5,538.60 \text{ pie}^2 \times (0.25 \text{ gpm/pie}^2)) \times 1.25)$$

$$Q_{\text{requerido}} = (1,384.60 \text{ gpm} \times 1.25)$$

$$Q_{\text{requerido}} = 1,730.80 \text{ gpm}$$

¹⁴ Información proporcionada por SOLGAS S.A.

¹⁵ Calculado con una densidad de 0.25 gpm/ft²

¹⁶ Criterio interno de Inspectra S.A. estimado en base a la geometría de los arreglos longitudinales triangulares (ver sección 5.1)

Tabla 29 Requerimiento de Tanques

Tanque	Diámetro (ft)	Longitud (ft)	Área total (ft2)	Flujo teórico (gpm)	Flujo con adicional (gpm)
T-3	24.0	49.5	5,538.60	1,384.60	1,730.80
T-4	23.9	29.5	3,715.70	928.9	1,161.20
T-5	14.2	52.5	2,985.10	746.3	932.8
T-6	14.2	52.3	2,981.00	745.3	931.6

Fuente: Propia.

➤ Curva de monitor y boquilla

La boquilla de monitor se simulará como una descarga genérica de 750gpm@100psi, usando un factor K de 75 gpm/ $\sqrt{100}$ psi. El monitor de referencia es el Python de Elkhart Brass con una capacidad nominal de 1,250gpm. En la tabla 31 se muestran los datos de la curva de caída de presión vs caudal del monitor de referencia, para hallar el factor K se aplica la siguiente ecuación.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \quad \dots(16)$$

$$K = 7.5$$

Tabla 30 Caída de Presión en Monitor

Flujo (gpm)	Caída de presión (psi)
0	0
750	11
1000	18
1250	24

Fuente: SOLGAS S.A.

➤ Nivel de agua en las pozas

La simulación se realizará con un nivel de agua 1,372mm (2psig) por sobre el ingreso de agua a la bomba. Esta elevación es equivalente a la sumersión mínima que requieren las bombas según información del fabricante (Patterson) la cual se muestra en el Anexo 10.

➤ **Aspersores de referencia y distancia axial máxima**

Los aspersores de referencia son el Modelo E de Viking. El fabricante presenta una tabla con las distancias máximas de instalación recomendadas según el ángulo de aspersión, factor K y orientación del aspersor. Estas tablas se muestran en el Anexo 2.

4.3.3.5.3. Diseño

➤ **Procedimiento de diseño**

El diseño de un sistema de enfriamiento es un proceso iterativo. Primero se debe realizar la distribución de los aspersores de los tanques de forma transversal o circunferencial. Esto implica usar una distancia axial y un ángulo de aspersión adecuado que permita el correcto traslape de los patrones de los aspersores ubicados en diferentes niveles. Geométricamente, al menos se requerirán 4 niveles o filas de aspersores para asegurar toque o traslape de forma circunferencial o vertical. Se inicia con 4 filas y se prueban distintos ángulos de aspersión y distancias axiales. De no encontrar una combinación que satisfaga tanto el criterio de traslape como de distancia axial máxima (Ver Anexo 2) se debe aumentar el número de filas. En el Anexo 11-1 se muestran posibles arreglos transversales. Una vez que se ha determinado el número de filas o niveles, se ubican los aspersores de forma longitudinal (a lo largo del tanque), de tal forma que los patrones cubran el 100% de la superficie de la coraza del tanque. La configuración puede ser alternada (arreglo triangular) o alineada (arreglo cuadrangular). En el Anexo 11-2 se muestra un ejemplo de arreglo cuadrangular y un ejemplo de arreglo triangular. Finalmente se agregan aspersores para la protección de las tapas según sea necesario. Usualmente en igual número que filas o niveles por tapa. El arreglo se superpone a las tuberías y accesorios del tanque para detectar interferencias y se agregan aspersores a criterio del diseñador para compensar los bloqueos.

La determinación del flujo mínimo para cada arreglo de aspersores es similar al de una zona de las esferas tratada en la memoria de cálculo hidráulico de sistema de enfriamiento por aspersores de esferas.

➤ **Determinación de presión de set de válvulas de diluvio con reducción**

La determinación de la presión de set de las válvulas de diluvio con regulación de presión se efectuará determinando primero, la presión de set teórica para abastecer de agua el flujo mínimo. Una vez estimada esta presión (la cual seguramente tendrá dígitos decimales significativos), se debe redondear al entero mayor más próximo. Esto debido a que una presión de set con decimal es complicada de lograr en campo.

Esta presión de set se debe comparar con la presión al ingreso de la válvula de diluvio, la cual es el resultado de la evaluación hidráulica de la red principal junto con las bombas y el monitor. Si la diferencia es menor a 20psi, se deben hacer incrementos de diámetros en la red principal y/o en las tuberías de descarga de las válvulas de diluvio, hasta lograr este propósito.

4.3.3.6.Resultados

➤ **Diámetros de tuberías**

Las tuberías tendrán los siguientes diámetros: o derivación enterrada al manifold: 12". o Manifold: 12". o Derivaciones a los sistemas de aspersores de T-4/5/6: 6". o Derivaciones a los sistemas de aspersores de T-3: 8" o Distribuidoras de enfriamiento de T-4/5/6: 3" y 2". o Distribuidoras de enfriamiento de T-3: 4" y 3". Mayor detalle de los diámetros de los sistemas de aspersores del tanque horizontal T3, T-4, T-5 y T-6 se encuentra en el Anexo 13, Anexo 14 y Anexo 15 y Anexo 16, respectivamente. Mayor detalle de los diámetros de las montantes y de la red principal se muestra en el reporte del software de la simulación del escenario de diseño en el Anexo 17.

➤ **Distribución de aspersores de los tanques horizontales**

La tabla 32 muestra los datos de diseño del sistema de enfriamiento con aspersores para los tanques T-3, T-4, T-5 y T-6.

Tabla 31 Presiones de Set

Tanque	Líneas en la sección transversal	Arreglo longitudinal	Ángulo de aspersión (°)	Factor k gpm/v psi	Número total de aspersores
T-3	8	Triangular	160	4.1	68
T-4	8	Triangular	160	4.1	56
T-5	8	Triangular	110	2.1	120
T-6	8	Triangular	110	2.1	121

Fuente: SOLGAS S.A.

➤ Flujos Mínimos de los Arreglos Propuestos

En la tabla 33 se muestran los flujos mínimos de los arreglos presentados para que cumplan con los requisitos de presión y flujos mínimos en los aspersores, se aplica la ecuación 17 en el tanque T-3 para hallar la presión mínima.

$$P = (Q / k)^2 \quad \dots(17)$$

$$P = (25.5 / 4.1)^2$$

$$P = 38.68 \text{ psi}$$

Obtenida la presión se aplica la ecuación 18, para la obtención del flujo mínimo por aspersor.

$$Q = K \cdot \sqrt{P} \quad \dots(18)$$

$$Q = 4.1 \cdot \sqrt{38.8}$$

$$Q = 25.5 \text{ gpm}$$

Tabla 32 Flujos Mínimos de los Arreglos

Tanque	Flujo mínimo teórico (gpm)	Flujo mínimo del arreglo (gpm)	Presión mínima teórico (psig)	Presión mínima calculada (psig)	Flujo mínimo teórico (gpm)	Flujo mínimo calculado (gpm)
T-3	1,730.80	1,887	30.0	37.7	25.45	25.5
T-4	1,161.20	1,405	30.0	31.0	20.75	23.1
T-5	932.8	991	30.0	42.2	7.77	7.8
T-6	931.6	991	30.0	36.6	7.77	7.8

Fuente: SOLGAS S.A.

➤ Presiones de set de las válvulas de diluvio con regulación

En la tabla 34 se muestra las presiones de set para las válvulas de diluvio con regulación de presión de los manifolds de los sistemas de enfriamiento de los tanques horizontales. La misma tabla muestra los flujos mínimos y los flujos calculados con los sets asignados.

Tabla 33 Presiones de Set

Válvula de diluvio	Servicio	Flujo mínimo (gpm)	Presión set calculada (psig)	Presión de entrada (psig)	Presión set asignada (psig)	Caída de presión (psi)	Flujo final (gpm)
Vd-113	T-6	991	65.80	109.10	66.00	43.10	993.00
VD-114	T-5	991	66.80	109.60	67.00	42.60	992.00
VD-115	T-4	1,405	74.30	108.30	75.00	33.30	1,413.00
VD-116	T-3	1,887	71.60	110.40	72.00	38.40	1,893.00

Fuente: SOLGAS S.A.

Como se aprecia en la tabla 34, las válvulas de alivio tienen una caída de presión mayor a 20psi y los valores de presión de entrada y salida son aceptables según la información de Viking (ver Anexo 8).

➤ **Flujo por el monitor**

El flujo por el monitor del escenario de diseño es 763 gpm. Este flujo resulta ser mayor que el flujo mínimo de 750gpm, según el 4.3.3.5.2 por lo que se considera aceptable.

➤ **Resultados para las bombas**

En la tabla 35 se muestra el flujo e incremento de presión la bomba usada para el escenario de diseño de los tanques horizontales.

Tabla 34 Resultados de volúmenes requeridos

Bomba	Flujo (gpm)	Presión diferencial (psi)	Head (ft)	Ubicación
P-3A (adquirida)	-	-	-	Poza C.I. existente
P-3B (adquirida)	-	-	-	Poza C.I. existente
P-3C (adquirida)	6,054	130.3	301	Nueva Poza C.I.
P-3D (nueva)	-	-	-	Nueva Poza C.I.

Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.3.7. Software de simulación hidráulica

Las simulaciones hidráulicas requeridas se realizaron con el software aft fathom v9.

4.3.1. Cálculo del sistema hidráulico de sistema de enfriamiento por aspersores de islas de carga.

4.3.4.1. Definición

El sistema de enfriamiento de las islas de despacho de la planta de abastecimiento de GLP de Ventanilla se ha dividido en dos partes, ambas son tratadas en este documento. La primera parte trata la distribución y orientación de los aspersores para el enfriamiento de las cisternas en cada una de las bahías de las islas de despacho. La segunda parte trata la evaluación de la red de distribución de agua contra incendio desde los manifolds para las islas de despacho hasta los puntos de interconexión con los sistemas de aspersión tratados en la primera parte. Esta parte incluye la simulación del sistema de bombeo y distribución de agua contra incendio propuesto para el Escenario de Máxima Demanda de la Planta de Abastecimiento de Ventanilla.

4.3.4.2. Objetivos

- Determinar el flujo de agua para el escenario de enfriamiento de una isla con dos puntos de despacho.
- Dimensionar las tuberías de los sistemas de enfriamiento de las islas de despacho.
- Determinar si el sistema de bombeo establecido en la Memoria de Cálculo de Sistema Hidráulico de Red de C.I.” es suficiente para el requerimiento del escenario de enfriamiento de una isla.
- Determinar si una nueva poza de 10,000m³ en conjunto con la existente abastecerá de agua contra incendio al sistema contra incendio por 4 horas durante el escenario de diseño

4.3.4.3. Alcance

Determinación y cálculo de tipo y cantidad de aspersores para las islas de despacho de la planta de almacenamiento de Ventanilla.

4.3.4.4. Documentos de Referencia.

A continuación, en la tabla 36 se indican los Decretos Supremos nacionales y normas internacionales aplicados para el cumplimiento normativo.

Tabla 35 Normativa Nacional e Internacional

Decreto Supremo		Nombre del documento	
DS 043-EM-2007	Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos		
DS 052-EM-1993	Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos		
Normas internacionales (nfpa)			
Código		Nombre del documento	Edición
NFPA 15	Standard for water spray fixed systems for fire protection		2017
NFPA 20	Standard for the installation of stationary pumps for fire protection		2016
NFPA 24	Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances		2016
API RP 2030	Application of fixed water spray systems for fire protection in the petroleum and petrochemical industries		2014
Technical Paper No. 410	Flow of fluids through valves, fittings and pipe- crane		2009

Fuente: Propia

4.3.4.5. Bases de calculo

4.3.4.5.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo se muestran en la tabla 37.

Tabla 36 Condiciones Ambientales

Parámetros	Valor
Presión barométrica (psia)	14.7
Temperatura Mínima (°C)	15.0
Temperatura Máxima (°C)	32.1

Fuente: Propia

4.3.4.5.2. Escenario de diseño

Se considera que el peor escenario en la zona de las islas de despacho es un pool fire (piscina de fuego) ubicado entre las islas 1 y 2. Para este escenario la demanda de agua consiste en: -

- Enfriamiento de la cisterna en la Isla 1/punto de despacho 1 con aspersores.

- Enfriamiento de la cisterna en la Isla 1/punto de despacho 2 con aspersores.
- Enfriamiento de la cisterna en la Isla 2/punto de despacho 1 con aspersores.
- Enfriamiento de la cisterna en la Isla 2/punto de despacho 2 con aspersores. - Un chorro de 750gpm de un monitor¹⁷.

➤ **Caídas de presión admisible en válvulas de diluvio**

La caída mínima de presión en las válvulas de diluvio con regulación de presión es 20 psi. En el Anexo 8 se incluye la Guía de Operación y Cavitación de las válvulas de diluvio Viking con piloto C-2, que muestra las combinaciones de presión de entrada y presión de salida en las que no se produce cavitación en la válvula.

➤ **Tuberías**

Todas las tuberías aéreas serán de acero al carbono. Las tuberías aéreas que se encuentren en la descarga de las válvulas de diluvio serán galvanizadas interna y externamente, según la sección 5.3.6.1 de la NFPA 15 (2017). Todas las tuberías enterradas serán de HDPE. Las tuberías enterradas que se encuentren en la red aguas arriba de las válvulas de diluvio serán clase 200# mientras que las tuberías enterradas que se encuentren aguas abajo de las válvulas de diluvio serán clase 150#.

➤ **Tamaño de pozas**

Se tiene una poza existente de agua contra incendio con un volumen útil de 10,000 m³(18) y se ha proyectado la construcción de una poza de agua contra incendio nueva, la cual será ubicada en la zona oeste de la poza existente y tendrá una capacidad similar.

➤ **Distribución de bombas**

Las bombas P-3C (adquirida) y P-3D (por especificar) se instalarán en la nueva poza, mientras que las bombas P-3A y P-3B (adquiridas) se instalarán en la poza existente.

➤ **Curvas de desempeño de bombas**

¹⁷ Según DS-052-93-EM art. 100.

¹⁸ Información proporcionada por SOLGAS S.A.,

En el anexo 9 se muestra la curva de desempeño de referencia para la simulación de las bombas contra incendio adquiridas. Esta curva pertenece a una de las adquiridas, pues todas presentan un desempeño similar.

➤ **Flujo mínimo por cisterna y por isla**

El flujo teórico¹⁹ mínimo por cada cisterna es 421 gpm. Por traslapes y pérdidas se considera un 25% adicional²⁰, resultando en 526.3 gpm. Cada isla consta de dos puntos de despacho. En cada punto de despacho se puede estacionar una cisterna. En caso de un incendio por un pool fire en uno de los puntos de despacho, se debe realizar el enfriamiento de ambos puntos despacho. El flujo mínimo por isla será 1,053 gpm.

➤ **Aspersores**

Los aspersores para enfriamiento de camiones cisterna en las islas de carga tendrán los valores de ángulo de aspersión y factor K que se muestran en la tabla 38.

Tabla 37 Características de Aspersores

Parámetro	Valor
Angulo de aspersión (°)	95
Factor K (gpm/√psi)	4.1

Fuente: Propia

➤ **Curva de monitor y boquilla**

La boquilla de monitor se simulará como una descarga genérica de 750gpm@100psi, usando un factor K de 75 gpm/√psi. El monitor de referencia es el Python de Elkhart Brass con una capacidad nominal de 1,250gpm. En la tabla 39 se muestran los datos de la curva de caída de presión vs caudal del monitor de referencia.

Tabla 38 Caída de presión en monitor

Flujo (gpm)	Caída de presión (psi)
0	0
750	11
1,000	18
1,250	24

Fuente: Propia

¹⁹ Calculado con una densidad del 0.25 gpm/ft² y considerando el área de camión cisterna de 156.3 m² (1681.54 ft²).

²⁰ Criterio interno de Inspectra

➤ **Nivel de agua en las pozas**

La simulación se realizará con un nivel de agua 1,372mm (2psig) por sobre el ingreso de agua a la bomba. Esta elevación es equivalente a la sumersión mínima que requieren las bombas según información del fabricante (Patterson), ver Anexo 10.

Determinación de Presión de Set de las Válvulas de Diluvio con Reducción a determinación de la presión de set de las válvulas de diluvio con regulación de presión se efectúa determinando primero, la presión de set teórica para abastecer de agua el flujo mínimo. Una vez estimada esta presión (la cual seguramente tendrá dígitos decimales significativos), redondear al entero mayor más próximo. Esto debido a que una presión de set con decimal es complicada de lograr en campo. Esta presión de set se debe comparar con la presión al ingreso de la válvula de diluvio, la cual es el resultado de la evaluación hidráulica de la red principal junto con las bombas y el monitor. Si la diferencia es menor a 20psi, se deben hacer incrementos de diámetros en la red principal y/o en las tuberías de descarga de las válvulas de diluvio, hasta lograr este propósito.

4.3.4.6. Resultados

➤ **Diámetros de tubería**

Las tuberías tendrán los siguientes diámetros:

- Derivación enterrada al manifold: 12".
- Manifold: 12".
- Distribuidoras a los sistemas de aspersores (punto de despacho): 4".
- Montantes a islas: 6".

Mayor detalle de los diámetros se muestra en el reporte del software de la simulación del escenario de diseño en el Anexo 19.

➤ **Distribución de aspersores en las bahías**

Cada punto de despacho tendrá aspersores distribuidos en la parte superior. En la tabla 40 se muestran la cantidad de aspersores en cada isla.

Tabla 39 Cantidad de aspersores

Punto de despacho	Número de filas	Número de aspersores				Total, por isla
		Por fila	Al frente	Atrás	Total, bahía	
1-1	2	9	1	1	20	40
1-2	2	9	1	1	20	
2-1	2	9	1	1	20	40
2-2	2	9	1	1	20	

Fuente: Propia



Presiones de set de las válvulas de diluvio con regulación

En la tabla 41 se muestran las presiones de set para las válvulas de diluvio con regulación de presión de los manifolds de los sistemas de enfriamiento de las islas. En el mismo cuadro se muestran los flujos mínimos (4.3.4.5.2.) y calculados con los sets corregidos.

Tabla 40 Presiones de set

Válvula de diluvio	Servicio	Flujo mínimo (gpm)	Presión set calculada (psig)	Presión de entrada (psig)	Presión set asignada (psig)	Caída de presión (psi)	Flujo corregido (gpm)
Vd-117	Isla 1	1,053	71.3	128.0	72	56.0	1,059
Vd-118	Isla 2	1,053	69.1	134.5	72	64.5	1,061

Fuente: SOLGAS S.A.

Como se aprecia en la tabla 41, todas las válvulas de alivio tienen una caída de presión mayor a 20 psi y los valores de presión de entrada y salida son aceptables según la información de Viking (ver Anexo 8).



Flujo por el monitor

el flujo por el monitor del escenario de diseño es 865 gpm.



Resultado para las bombas

En la tabla 42 se muestran los flujos e incrementos de presión para cada bomba para el escenario de diseño.

Tabla 41 Resultados de simulación

Bomba	Flujo (gpm)	Presión diferencial (psi)	Head (ft)	Ubicación
P-3A (adquirida)	-	-	-	Poza C.I. existente
P-3B (adquirida)	-	-	-	Poza C.I. existente
P-3C (adquirida)	2,984	161.8	373.6	Nueva poza C.I.
P-3D (nueva)	-	-	-	Nueva poza C.I.

SOLGAS S.A.



Resultados de volúmenes requeridos

En la tabla 43 se muestran los volúmenes requeridos en cada poza para el escenario de incendio en la zona de islas de despacho.

Tabla 42 Resultados de volúmenes requeridos

Bomba	Poza	Flujo (gpm)	Flujo total (gpm)	Volumen (m ³)
P-3a (adquirida)	Existente	-	1,965	
P-3b (adquirida)		-		
P-3c (adquirida)	Nueva	1,965		1,785
P-3d (nueva)		-		

SOLGAS S.A.

La capacidad de almacenamiento de agua contra incendio requerida es menor que 10,000m³ que es la capacidad disponible en cualquiera de las pozas (existente o proyectada).

4.3.4.7. Software de simulación hidráulica

Las simulaciones hidráulicas requeridas se realizaron con el software AFT Fathom v9.

4.3.5. Cálculo del sistema hidráulico de sistema de la red contra incendio

4.3.5.1. Definición

El sistema de enfriamiento de cada esfera consta de varias secciones con sus respectivos montantes. Para cada sección se ha establecido un punto de interconexión del suministro desde la red principal con su respectivo montante. La simulación (el diseño) de cada

sección incluye el cálculo desde ese punto de interconexión hasta la descarga de los aspersores. Cada sección es tratada como un sistema y se determina su respectiva curva de desempeño. En el dimensionamiento de la red principal se emplea las curvas de desempeño de las secciones (como herramienta para facilitar el cálculo).

4.3.5.2. Objetivos

- Determinar el diámetro de la red principal del SCI para un escenario con máxima demanda.
- Determinar el flujo de agua para el escenario de máxima demanda.
- Determinar si una nueva poza de 10,000m³ en conjunto con la existente abastecerá de agua al sistema contra incendio por 4 horas durante el escenario de máxima demanda.
- Verificar si una bomba contra incendio con características similares a las ya adquiridas puede ser usada para complementar el flujo para una máxima demanda.

4.3.5.3. Alcance

Determinación y cálculo de tipo y cantidad de aspersores para las islas de despacho de la planta de almacenamiento de Ventanilla.

4.3.5.4. Documentos de referencia

A continuación, en la tabla 44 se indican los Decretos Supremos nacionales y normas internacionales aplicados para el cumplimiento normativo.

Tabla 43 Normativa Nacional e Internacional

Decreto Supremo	Nombre del documento	
DS 043-EM-2007	Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos	
DS 052-EM-1993	Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos	
Normas Internacionales (NFPA)		
Código	Nombre del documento	Edición
NFPA 15	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection	2017
NFPA 20	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection	2016
NFPA 24	Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances	2016

Fuente: Propia

4.3.5.5. Bases de calculo

4.3.5.5.1. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales consideradas para el cálculo se muestran en la tabla 45.

Tabla 44 Condiciones Ambientales.

Parámetros	Valor
Presión barométrica (psia)	14.7
Temperatura Mínima (°C)	15.0
Temperatura Máxima (°C)	32.1

Fuente: Propia

4.3.5.5.2. Escenario de máxima demanda

Para la determinación de los diámetros de tubería y capacidad de bomba contra incendio se usará el escenario de un incendio en la base de la esfera T-2, para el cual la demanda de agua está compuesta de lo siguiente:

- Enfriamiento del 100% de la superficie de T-2 con aspersores.
- Enfriamiento del 50% de la superficie de T-1 (la cara norte) con aspersores.
- Enfriamiento del 50% de la superficie de T-8 (la cara sur) con aspersores.
- Un chorro de 750gpm de un monitor²¹.



Caídas de presión admisibles en válvulas de diluvio

La caída mínima de presión en las válvulas de diluvio con regulación de presión es 20 psi. En el Anexo 8 se muestra las relaciones de presiones de entrada y salida que eviten cavitación en la válvula.



Tuberías

Todas las tuberías aéreas serán de acero al carbono. Las tuberías aéreas que se encuentren en la descarga de las válvulas de diluvio serán galvanizadas interna y externamente, según la sección 5.3.6.1 de la NFPA 15 (2017). Todas las tuberías enterradas serán de HDPE. Las tuberías enterradas que se encuentren en la red aguas

²¹Según DS-052-93-EM art. 100.

arriba de las válvulas de diluvio serán clase 200# mientras que las tuberías enterradas que se encuentren aguas abajo de las válvulas de diluvio serán clase 150#.

➤ **Tamaño de pozas de agua contra incendio**

Se tiene una poza existente de agua contra incendio con un volumen útil de 9,500 m³(22) y se ha proyectado la construcción de una poza de agua contra incendio nueva, la cual será ubicada en la zona oeste de la poza existente.

➤ **Distribución de bombas**

Las bombas P-3C (adquirida) y P-3D (por especificar) se instalarán en la nueva poza, mientras que las bombas P-3A y P-3B (adquiridas) se instalarán en la poza existente.

➤ **Curvas de desempeño de bombas**

En el Anexo 9 se muestra la curva de desempeño de referencia para la simulación de las bombas contra incendio adquiridas. Esta curva pertenece a una de las adquiridas, pues todas presentan un desempeño similar.

➤ **Flujo mínimo por sección**

Las secciones son divisiones meridionales de los arreglos de aspersores, de tal manera que un sistema de enfriamiento de gran consumo (mayor a 3,000gpm) se subdivide en sistemas más pequeños, manejables y confiables. En la tabla 46 se muestran los flujos mínimos por sección, extraídos del 4.5.2 del sistema hidráulico de enfriamiento por Aspersores de esferas.

Tabla 45 Requerimiento mínimo de sección

Sección	Flujo ³ (gpm)
A	2,081
B	2,212
C	2,216
D	2,196

Fuente: SOLGAS S.A.

²²Información proporcionada por SOLGAS S.A

➤ **Curvas flujo-presión de secciones**

El comportamiento hidráulico de cada sección se ha simulado usando los datos consignados en el Anexo 5. El software AFT Fathom v9, requiere realizar un ajuste polinomial para lo cual se selecciona un polinomio de segundo grado²³.

➤ **Curva de monitor y boquilla**

La boquilla de monitor se ha simulado como una descarga genérica de 750gpm@100psi, usando un factor K de 75 gpm/ $\sqrt{\text{psi}}$. El monitor de referencia es el Python de Elkhart Brass de 1,250gpm. En la tabla 47 se muestran los datos de la curva de caída de presión vs caudal del monitor de referencia

Tabla 46 Caída de presión en monitor

Flujo (gpm)	Caída de presión (psi)
0	0
750	11
1,00018	
1,25024	

Fuente: SOLGAS S.A.

➤ **Nivel de agua en las pozas**

La simulación se realizará con un nivel de agua 1,370mm (equivalente a 2psig) por sobre el ingreso de agua a la bomba (filtro). Esta elevación es equivalente a la sumersión mínima que requieren las bombas según información del fabricante (Patterson) la cual se muestra en el Anexo 9.

4.3.5.5.3. Diseño

Todo el proceso de dimensionamiento y diseño de la red contra incendio es un proceso iterativo, por cada modificación que se hagan a un elemento (tubería, válvula, bomba, etc.) requiere que toda la red sea evaluada nuevamente. Los procedimientos especificados a continuación realmente son parte de un solo procedimiento. Los efectos de los cambios que se indican en cada uno de los puntos afectando a los otros. Por lo tanto, se debe

²³ Al conjunto de puntos referido se le ha agregado el origen (flujo: 0gpm, presión 0psig) para propósitos de convergencia).

entender que el arreglo final es realmente la suma de los resultados de todas las acciones realizadas (no se describen sistemas aislados).

➤ **Determinación de diámetros mínimos**

La determinación de los diámetros de la red y sus ramales parte de la asignación de un diámetro semilla en cada sección de tubería.

➤ **Determinación de presión de set de las válvulas de diluvio con reducción**

La determinación de la presión de set de las válvulas de diluvio con regulación de presión se efectuará determinando primero, la presión de set teórica para abastecer de agua el flujo mínimo. Una vez estimada esta presión (la cual seguramente tendrá dígitos decimales significativos), se debe redondear al entero mayor más próximo. Esto debido a que una presión de set con decimal es complicada de lograr en campo. Esta presión de set se debe comparar con la presión al ingreso de la válvula de diluvio, la cual es el resultado de la evaluación hidráulica de la red principal junto con las bombas y el monitor. Si la diferencia es menor a 20psi o está cercana a ese valor (hasta 1 psi), se deben hacer incrementos de diámetros en la red principal y/o en las tuberías de descarga de las válvulas de diluvio, hasta lograr este propósito.

➤ **Determinación de capacidad de la nueva bomba contra incendio**

Para determinar la capacidad de la nueva bomba, partimos de la asunción de que tiene características similares que las ya adquiridas. Esto a fin de no tener descompensaciones de flujo entre las otras bombas que haga que trabajen en forma diferente. De ser necesario aumentar el head y/o flujo, se dará preferencia al primero sobre el segundo.

Con este punto de partida se simula la red para el escenario de máxima demanda y se verifican las presiones al ingreso de las válvulas de diluvio y en el monitor del escenario.

Con esto se determina el flujo para cada bomba y el head necesario.

➤ **determinar la capacidad de almacenamiento mínimo total y de cada poza**

➤ Una vez determinados los flujos por cada bomba se puede determinar la capacidad de almacenamiento mínima requerida para cada poza. Esto se logra calculando el volumen por cada par de bombas por las 4 horas requeridas por la normativa.

4.3.5.6. Resultados

➤ **Diámetros de tuberías**

Las tuberías tendrán los siguientes diámetros:

- Tuberías de descarga de las bombas: 14"
- Colectores aéreos de descarga de las bombas: 18"
- Colectores enterrados de descarga de las bombas: 20" y 18"
- Red principal enterrada (salvo la sección cercana a las pozas): 18"
- Red principal enterrada (sección cercana a las pozas): 20".
- Derivación enterrada hacia manifolds para esferas T-1 y T-2: 20".
- Derivación enterrada hacia manifold para esfera T-8: 18".
- Manifolds de válvulas de diluvio: 12".
- Derivaciones de manifolds hacia válvulas de diluvio: 8".
- Líneas aéreas aguas abajo de válvulas de diluvio: 8" y 10".
- Líneas enterradas aguas abajo de válvulas de diluvio: 10".
- Derivación enterrada hacia monitores/hidrantes: 6".

Mayor detalle de los diámetros se muestra en el reporte del software de la simulación del escenario de máxima demanda en el Anexo 17 y plano PE001.SOL.ID.C.PL.701-0.

➤ **Presión de set de las válvulas de diluvio con reducción**

En la tabla 48 se muestran las presiones de set para las válvulas de diluvio de los manifolds de los sistemas de enfriamiento de las esferas. En el mismo cuadro se muestran los flujos mínimos y calculados con los sets corregidos. Las presiones de entrada corresponden al Escenario 1 (máxima demanda).

Tabla 47 Presiones de set

Válvula de diluvio	Servicio a esfera	Sección	Flujo mínimo (gpm)	Presión set calculada (psig)	Presión de entrada (psig)	Presión set asignada (psig)	Caída de presión (psi)	Flujo final (gpm)
VD-101	T-1	A	2,081	81.7	123.1	82	41.1	2,086
VD-104	T-1	B	2,221	79.1	122.2	80	42.2	2,238
VD-105	T-2	B	2,221	79.9	104.8	80	24.8	2,222
VD-106	T-2	C	2,216	81.5	106.6	82	24.6	2,224
VD-107	T-2	D	2,196	83.1	107.9	84	23.9	2,211
VD-108	T-2	A	2,081	82.9	108.7	83	25.7	2,083
VD-109	T-8	B	2,221	81.4	123.8	82	41.8	2,231
VD-112	T-8	A	2,081	84.8	123.4	85	38.4	2,085

Fuente: SOLGAS S.A.

Como se aprecia en la tabla 48, todas las válvulas de alivio tienen una caída de presión mayor a 20psi y los valores de presión de entrada y salida son aceptables según la información de Viking (ver Anexo 8). Ver plano PE001.SOL.ID.I.PL.708-0 (montaje).

➤ Resultados para las bombas

En la tabla 49 se muestran los flujos e incrementos de presión para cada bomba para el escenario de máxima demanda.

Tabla 48 Resultados de simulación

Bomba	Flujo (gpm)	Presión diferencial (psi)	Head (ft)	Ubicación
P-3A (adquirida)	4,713	142.4	328.9	Poza C.I. existente
P-3B (adquirida)	4,668	142.9	329.9	Poza C.I. existente
P-3C (adquirida)	4,378	145.8	336.7	Nueva Poza C.I.
P-3D (nueva)	4,416	145.4	335.8	Nueva Poza C.I.

Fuente: SOLGAS S.A.

En los resultados presentados en la tabla 49 se evidencia que la bomba P-3D presenta un comportamiento adecuado, considerando una curva similar a las ya adquiridas. Se tiene un flujo total de 18,175 gpm.

➤ Resultados de volúmenes netos requeridos

En la tabla 50 se muestran los volúmenes requeridos en cada poza para el escenario de máxima demanda.

Tabla 49 Resultados de volúmenes requeridos

Bomba	Poza	Flujo (gpm)	Flujo total (gpm)	Volumen (m ³)
P-3A (adquirida)	Existente	4,713	18,175	8,523
P-3B (adquirida)		4,668		
P-3C (adquirida)	Nueva	4,378		7,989
P-3D (nueva)		4,416		

Fuente: SOLGAS S.A.

Ver hoja de detalles y especificaciones de las bombas.

Para hallar el volumen del agua se toma los siguientes datos:

Flujo Total: 18,175 gpm

Para cumplir con lo requerido en el decreto supremo 052 (abastecimiento de agua de 4 horas), multiplicaremos la cantidad de agua total x 60 minutos.

$\text{Flujo} = (18,175 \text{ gpm} \times 60 \text{ m}) / 1 \text{ (hora)} = 1,090,500 \text{ gph}$

Procederemos a convertir los galones en litros: (1 gal = 3.785 L)

$V = 1,090,500 \times 3.785 = 4,127,542.5 \text{ L}$

Luego procederemos a convertirlo en m³ : (1000 L = 1 m³)

$V = 4,127,542.5 / 1000 = 4,127.54 \text{ m}^3$

Finalizaremos multiplicando el resultado anterior x 4 horas:

$V \text{ total} = 4,127.54 \text{ m}^3 \times 4 \text{ h} = 16,510.17 \text{ m}^3/\text{h}$

Cumplimos el volumen solicitado, según normativa.

Ver plano PE001.SOL.ID.M.HD.701-0 y PE001.SOL.ID.E.PL.709-0 A.

4.3.5.7. Software de simulación hidráulica

Las simulaciones hidráulicas requeridas se realizaron con el software AFT Fathom v9.

4.3.6. Especificaciones técnicas de los tableros

Esta especificación establece los requisitos para el diseño, fabricación y suministro de los Tableros Eléctricos que serán utilizados para el “REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO - PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GLP VENTANILLA”

4.3.6.1. Normas técnicas aplicadas.

Esta especificación establece los requisitos para el diseño, fabricación y suministro de los Tableros de distribución para el “REDISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIO - PLANTAS DE ALMACENAMIENTO DE GLP VENTANILLA”, indicados en la tabla 50.

4.3.6.2. Normas técnicas

Tabla 50 Normativa

Título de la Norma	Código de la Norma
Código Nacional de Electricidad, Utilización 2006	CNE
National Electrical Code	NFPA-70 (NEC
International Electrotechnical Commission	IEC

Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.6.3. Pruebas

El postor incluirá, en su oferta, la relación de pruebas estándar efectuadas en fábrica por el proveedor (fabricante).

Las pruebas para efectuar a los tableros, sin carácter limitativo serán las siguientes:

- Inspección del material a ser empleado en la fabricación.
- Inspección del acabado.
- Verificación de dimensiones.
- Verificación del conexionado y cableado.
- Prueba de aislamiento de partes metálicas y de cables baja tensión.
- Prueba de operación eléctrica y mecánica de los materiales y equipos ubicados al interior de los Tableros.

4.3.6.4. Inspecciones

Durante la fabricación de los Tableros de distribución el proveedor informará al propietario con la anticipación debida sobre los documentos de certificación de inspección y prueba sometidos.

Las inspecciones realizadas en taller no liberaran de responsabilidades al fabricante en el caso se encuentre material defectuoso que se tengan que reemplazar durante la instalación o funcionamiento del Tablero.

4.3.6.5. Certificaciones

El proveedor acreditara los protocolos y certificados de las pruebas realizadas indicadas en el numeral 4.3.6.2 y 4.3.6.3 las cuales deberán cumplir con las exigencias de la legislación y normativas aplicables

4.3.6.6. Detalles constructivos



Diseño y construcción.

Los tableros para uso exterior deben ser de estructura metálica galvanizada tipo mural para adosar a estructuras o rack metálico, con grado de protección IP66, las tapas serán fijadas mediante tornillos imperdibles con cabeza embutida (no extraíbles de la tapa) en acero inoxidable o acero con tratamiento anticorrosión, deberán ser certificadas ATEX.

Todas las cajas incluirán al menos cuatro orejas orientales de montaje para su fijación.

Cada caja contará con un terminal expuesto de puesta a tierra adecuado para un conductor de 35mm² de sección y al interior tendrá una barra de cobre 3 x 15mm, la cual estará conectada al sistema de tierra de la instalación.



Barras de tierra

En todo el recorrido de los tableros se instalará una barra de puesta a tierra con una capacidad mínima del 50% de la capacidad de las barras principales. Esta barra será de cobre electrolítico de alta conductividad y estará provista de dos grapas una en cada extremo, adecuadas para conexión del conductor de puesta a tierra externo que será de material de cobre 35mm².

Los armazones, bastidores, barreras y estructuras de metal y todas aquellas partes metálicas que no conduzcan corriente estarán conectados a tierra mediante una barra de tierra.



Interruptor principal

Estará equipado con dispositivos de protección, considerando características de tiempo de retardo y de ajuste, tanto para la protección ante sobrecarga como cortocircuitos. Así

mismo, permitirá el ajuste de la corriente de operación, en un rango entre 50 a 100 % de la corriente nominal del interruptor.

Los interruptores serán de ejecución fija automáticos termo magnéticos.



Interruptores derivados

Los interruptores serán termo magnéticos con protección térmica para sobrecarga y magnético para cortocircuito. Deben ser tal y como se indica en los diagramas unifilares.



Orificios pasacables

Las roscas de los orificios pasacables serán por defecto NTP según ANSI/ASME B1.20.

Los tableros se suministrarán taladradas con el número máximo de orificios correspondiente a los cables y/o multicable asociado.

Los orificios de entrada serán siempre por la parte inferior de la caja, el restante se repartirá uniformemente y por igual sobre los dos laterales de la caja dejando una separación mínima de 5mm. Entre los puntos más próximos de orificios adyacentes



Placa de montaje y borneras

Los tableros tendrán una placa de montaje fijada sobre su fondo, sobre la misma se instarán carrieles DIN para el montaje de interruptores y borneras de conexión todas las borneras serán de extraíbles de apriete de tornillo.



Color

El color del tablero debe ser indeleble y resistente a la intemperie (lluvia, ambiente salino, radiación, UV, etc) de modo que no se degrade y será de un color RAL 7001.



Identificación

En la parte frontal deberán tener el tag y las características técnicas del tablero en un acrílico de 3"x5"x1/8" fondo negro y letras blancas 50mm (altura).

4.3.6.6. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

TD-SCI-01:

Tipo: Adosado a Rack

Tensión del Sistema: 220 V

Barra: 100 A

Fases: 2 F+T

Frecuencia: 60 Hz

Grado de Protección: IP 66

Capacidad de Interrupción: 10kA

Medidas referenciales:

Alto: 600mm

Ancho: 400mm

Profundidad: 200mm

Equipamiento:

Parte frontal

- Tag del Tablero 3"x5"x1/8" de acrílico fondo negro

Dimensiones: Alto: 75mm, Ancho: 125mm,

Espesor: 3mm;

Material: acrílico;

Color: fondo negro con letras blancas;

Letra: Tipo: Arial, Altura: 50mm de altura;

Texto: TD-SCI-001, 220VAC, 3F + T, 60Hz.

Parte interna

Interruptor principal

- 01 interruptor termomagnético 2x32A.

Circuitos derivados

- Dos (02) Interruptores Termomagnético 2x16A.
- Cinco (05) Interruptores Termomagnético 2x10A. □
- Sistema de aterramiento con platina de cobre electrolítico, pernos de acero inoxidable para fijación, aislador de resina epóxica.

4.3.7. Especificaciones del sistema de pozo a tierra

Esta especificación regula los requisitos adicionales para la instalación de puesta a tierra, que se describen en las normas indicadas en la tabla 52.

4.3.7.1. Normas técnicas aplicadas.

Tabla 51 Normativa

Título de la Norma	Código de la Norma
Código Nacional de electricidad, utilización 2006	CNE
National Electrical Code	NFPA-70 (NEC)
IEEE Std	142-2007

Fuente: Propia

4.3.7.2. Requisitos

Electrodos

- El material de los electrodos será acero cobreado equivalente al Copperweld, con diámetro mínimo de 16 mm (5/8") y longitud mínima de 2.44 m (8ft).
- Los electrodos serán enterrados verticalmente, salvo cuando el terreno no lo permita (demasiado rocoso o compacto), en cuyo caso se enterrará con un ángulo no mayor de 45° con respecto a la vertical. La profundidad mínima del extremo superior será 0.30 m por debajo del nivel del terreno o piso terminado.
- Cuando no sea posible cumplir con estas especificaciones, los electrodos serán enterrados en una zanja a una profundidad no menor de 0.75 m (2.5 ft).
- La separación mínima entre los electrodos y las cimentaciones de concreto y hormigón será 0.60 m (1.97 ft).
- Si el sistema de puesta a tierra requiere más de un electrodo, estarán separados una distancia mínima de 3 m entre cada uno.



Conductores

- Los conductores, salvo se especifique lo contrario en los planos, serán de cobre desnudo, de temple semi-duro, de sección 35mm² (2AWG), como mínimo, cuando sea enterrado; y de calibre 16 mm² (6AWG), como mínimo, cuando sea superficial.

- b) Salvo indicación aprobada en los planos, la profundidad mínima de enterramiento de los conductores deberá ser 0.60m.
- c) Los conductores se ubicarán en la misma zanja que conduce los cables de energía y/o control, directamente enterrados. Si estos se encontraran dentro de ductos, se tratará de localizar los conductores al costado (de acuerdo con la accesibilidad del terreno).
De no ser factible ninguna de las posibilidades anteriores, los conductores se instalarán en zanjas con protección similar que para cables de energía directamente enterrados.
- d) En cruces de vías o áreas pavimentadas los conductores serán tendidos en forma similar a la indicada para cables de energía.
- e) En el cruce de vías no pavimentadas, los conductores serán enterrados a una profundidad no menor a 0.90 m ó con protección contra daño mecánico, considerando un factor de seguridad de 1.5 sobre el total de cargas.
- f) Los conductores que emerjan del suelo serán protegidos de la siguiente manera:
- Mediante niples de tubería de PVC pesado.
 - Los niples tendrán una profundidad mínima de 0.15 m debajo del nivel del piso o terreno y 0.25 por encima.
 - Los niples contarán con protección de concreto de espesor mínimo 0.075 m y altura mayor a 0.15 m sobre el nivel del terreno o piso.
 - El recorrido de los conductores de tierra deberá ser lo más recto y directo posible hacia la conexión al electrodo.

➤ **Conexiones**

- a) Las conexiones del conductor con equipos o estructuras se efectuarán por encima del nivel de terreno o piso (superficiales), de acuerdo con las indicaciones siguientes:
- Los conductores deberán ser instalados en tramos enteros entre puntos de conexión superficial ó entre puntos de conexión individual y electrodos o derivaciones para cables con retorno a tierra común.

- Si fuera necesario utilizar empalmes o derivaciones en tramos enterrados, estos serán hechos con conectores soldables (similares al tipo Cadwell) o conectores a presión y con baño de soldadura de estaño. Los empalmes y derivaciones de tramos enterrados quedarán enterrados también.
 - Las conexiones superficiales en estructuras serán hechas con conectores empernados, los cables tendrán terminales de compresión tipo ojo, estos deben ser adecuados al calibre del cable y el perno a utilizar. Los terminales se entallarán únicamente con prensa terminal hidráulica, en ningún caso con herramientas de golpe
 - En el caso de skid se conectará a tierra en dos esquinas opuestas, en el caso de soportes independientes se conectará a tierra cada uno, de igual forma se realizarán conexiones intermedias a fin de no tener distancias mayores de 20 m entre ellas. En el caso de equipos eléctricos como motores se realizará una conexión a tierra en forma adicional a su estructura de soporte.
- b) En equipos que regularmente son desconectados y retirados para mantenimiento la conexión del conductor se podrá hacer con conectores de tipo empernados. Otras conexiones deberán ser efectuadas con conectores a presión o soldables.
- c) La parte superior de cada electrodo será conectada mediante un conductor a una barra terminal o punto de conexión superficial instalado donde se indique en los planos. Este conductor se conectará al electrodo y a la barra terminal o punto de conexión mediante conector empernado. Los electrodos de la red a tierra, que interconectan los electrodos se unirán a estos mediante conector soldable o de la forma señalada en el acápite “a”.
- d) Todas las conexiones soldadas serán efectuadas por un proceso de soldadura equivalente a Cadweld o Thermoweld. No se utilizará, de manera alguna, soldadura autógena.

➤ **Pruebas**

Los valores de la resistencia a tierra deberán ser medidos en los siguientes puntos:

- a) Cada electrodo de puesta a tierra será medido de forma independiente y el valor de resistencia no excederá los 5 ohmios.
- b) Las mediciones se realizarán antes de conectar el sistema de puesta a tierra a los equipos.
- c) Se utilizará un telurómetro para medir el valor de resistencia. El telurómetro será de tipo electrónico con display alfanumérico que permita visualizar el valor obtenido, contará con electrodos de tierra auxiliares y rollos de cable con longitudes y colores adecuados para evitar errores en la medición. El contratista deberá elaborar un procedimiento que indique los puntos a evaluar, las longitudes de prueba y valores aceptables.
- d) El telurómetro utilizado deberá contar con certificado de calibración con una antigüedad no mayor de un año. Ver plano PE001.SOL.ID.E.PL.707-0 A.

4.3.8. Especificaciones del tablero del sistema contra incendio

Las especificaciones establecen los requisitos mínimos para el suministro, instalación y puesta en marcha, de los Gabinetes de Control del Sistema Contra Incendio para las Plantas de Abastecimiento y Envasadora de GLP Ventanilla, cumpliendo con la decretos y normas indicadas en las tablas 53 y 54.

4.3.8.1. Documentos de referencia.

Tabla 52 Decretos Supremos

Decreto Supremo	Nombre del documento
	Código Nacional de Electricidad.
DS 052-EM-1993	Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos

Fuente: SOLGAS S.A.

Tabla 53 Normas Internacionales

Código	Nombre del documento	Edición
NFPA 72	National fire protection association	2017
NFPA 70	National electric code (nec).	2016
NFPA 13	Standard for the installation of sprinkler systems	2016
NFPA 15	Standard for water spray fixed systems for fire protection	2014
NFPA 16	Standard for the installation of foamwater sprinkler and Foamwater spray systems	2009

Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.8.2. Especificaciones técnicas

4.3.8.2.1. Condiciones ambientales

El Gabinete de Control será para uso interior, hermético a prueba de polvo, humedad y corrosión. Considerando como mínimo un grado de protección IP56 para gabinetes en interior de sala CPD e IP66 para gabinetes JB en exteriores.

Medio ambiente: Clima Templado, atmosfera marina (alta corrosión)

Temperatura ambiente: 12º a 39º C

Humedad relativa: 85%

Velocidad del viento: 5-12 Km. /Hora

Contaminación Ambiental: Moderada

Altitud: 30 m.s.n.m.

4.3.8.2.2. Dimensiones referenciales

El acceso al tablero deberá ser frontal, del tipo adosable, las dimensiones referenciales se detallan a continuación:

Para TC-SCI-01

- Ubicación : Sala de tableros CPD
- Alto : 1000 mm
- Ancho : 1200 mm
- Fondo : 300 mm
- N° de cuerpos : 1
- Peso : 70 kg (aprox).
- Color : Gris
- Accesorios : Juego de llaves para puerta
- Identificación : Tag de gabinete metálico letras negras

Para FACU-001

Para JB-F&G-001 / JB-F&G-002 / JB-F&G-003 / JB-F&G-004 / JB-F&G-005

- Ubicación	: Campo
- Alto	: 1000mm
- Ancho	: 1200mm
- Fondo	: 300mm
- N° de cuerpos	: 1
- Peso	: 70 Kg (aprox).
- Color	: Natural de Acero Inoxidable
- Accesorios	: Juego de llaves para puerta
- Identificación	: Tag de gabinete metálico letras negras

4.3.8.2.3. Descripción

El Gabinete de Control del Sistema Contra Incendio estará conformado por un Panel de Control que recoge la información de los diferentes elementos de campo. El Panel recibirá las señales provenientes de los detectores en Planta de Abastecimiento y Planta de Envasado (analizadores gas, flama, pulsadores, etc.), las evaluará y generará señales de alarma y actuación correspondientes para la activación de las válvulas de diluvio de acuerdo con la matriz causa-efecto. La sensibilidad de cada elemento de detección se deberá poder ajustarse desde el Panel de Control. Los componentes del sistema deben cumplir con normas NFPA, ser listados UL y estar aprobados por FM.

4.3.8.2.4. Unidad de control

El panel principal del Sistema Contra Incendio debe ser del tipo analógico o direccionable, esto significa que se podrán direccionar y reconocer puntualmente el lugar en donde se origine la señal de alarma. La unidad de control debe contar con un suministro de energía secundario que lo mantenga en funcionamiento durante 24 horas en modo 'Standby' más 5 minutos en modo 'Alarm' de todos los sistemas.

Deberá contar con una La señal distinta de avería '(Trouble') a las señales de alarma ('Alarm') de panel. La señal será audiovisual con un LED intermitente o constante, con un color distinto del rojo y de sonido pulsante, duración mínima de 0.5 segundos y uno por lo menos cada 10 segundos.

La señal de alarma de los dispositivo de detección (automático o manual) deben tener prioridad en el panel sobre cualquier señal de avería o de monitoreo de algún dispositivo que no sea de detección.

El panel deberá tener las siguientes características mínimas:



Controles básicos

- Una pantalla alfanumérica que soporte un mínimo de 32 caracteres, con mensajes en idioma español.
- Los controles de la pantalla deben ser amigables para el usuario, deben formar parte del sistema estándar y tener capacidad de controlar todas las funciones del sistema, ingreso de cualquier información alfanumérica, así como de programación de dispositivos.
- El sistema debe ser completamente programable. (según NFPA 72).
- Memoria de las alarmas y problemas que registre e identificación visual y acústica de todos los eventos que reporte, así como de unidades auxiliares.
- Capacidad para admitir dispositivos supervisados y convencionales.
- Listado por UL y aprobado por FM para el servicio de detección y alarma de incendio.
- Calibrar la sensibilidad de los detectores y programar dicha sensibilidad.
- Debe contar con un botón de silenciador de alarma, mediante el cual, todos los dispositivos programados regresen a su condición normal después de una alarma.
- Debe contar con un botón de System Reset, mediante el cual todos los dispositivos y circuitos regresen a su condición normal.
- El sistema debe incluir 'relays' de alarma y avería con un mínimo de 2.5 amperios y 33 VDC.

- Rápida actuación de los elementos en caso alguna emergencia, válvulas de emergencia y paradas de emergencia.
- Permisivos o parada de bombas.
- Indicación en campo por una mala conexión.
- Indicación de alarma por paro y/o emergencias.



Capacidad de panel y operaciones principales

- Capacidad de generar prueba de sensibilidad según la norma NFPA 72, Capítulo 7.
- Capacidad de activar o desactivar puntos de detección.
- Capacidad de realizar una lectura puntual y estado en detectores y/o analizadores en campo.
- Capacidad de reprogramación.
- Capacidad para generar alarmas de mantenimiento.
- El módulo de entradas debe contar con un mínimo de 10% libre para futuras expansiones.



Operaciones especiales

- Equipo debe mostrar el estado y el diagnóstico en cualquier punto de detección del sistema.
- Debe generar un reporte del estado del sistema, enumerando y listando los estados de todos las E/S.
- Debe contar con un dispositivo de supervisión que genere un mensaje apropiado en el panel alfanumérico.



Interfaces

El sistema debe tener la capacidad de ser conectado a un panel remoto mediante un puerto EIA – RS 485, RS-232, Ethernet, etc. Teniendo la capacidad de reportar los eventos causados en los detectores.



Fuente de energía

- La fuente primaria de energía debe abastecer el panel del Sistema Contra Incendio (Gas, flama, etc.).
- Debe considerar un voltaje adicional de poder en caso se considere la expansión del panel o dispositivos adicionales del sistema.
- Las salidas contarán con protección por sobre cargas.
- La fuente contará con un cargador de batería integral.
- La fuente de poder primaria debe considerar contar con una batería cargada de 24 horas en modo stand-by y 5 minutos en modo alarma.
- Los circuitos deben cumplir con UL864 1995, y deben incluir señales de detección de falla de tierra.
- La fuente de poder debe contar con sistema de retención de fallas de energía según los requerimientos de la NFPA 72.

➤ **Diseño y protección del panel**

El panel tendrá que tener un diseño vigente, actualizado y deberá ser montado en un gabinete auto soportado.

➤ **Microprocesador de controlador**

El microprocesador debe contar con alta velocidad y tener compatibilidad para comunicarse con un monitor e interfaces externas. Debe contar con una capacidad de almacenamiento suficiente para la descarga de los archivos del sistema, una memoria suficiente para archivar programas especiales del sistema y un circuito timer watch-dog que detecte y reporte fallas en el microprocesador.

El microprocesador debe contener y ejecutar todos los programas controlados por eventos para acciones específicas, en caso de que la alarma detecte un evento por el sistema.

El microprocesador debe considerar un reloj en tiempo real para el registro del sistema, impresora y documentación histórica.

Asimismo, la configuración de la fecha y hora no deben sufrir pérdidas por fallas de la fuente de energía primaria y secundaria manera simultánea.

➤ Niveles de acceso

El software de programación del panel del Sistema Contra Incendio cumplirá con NFPA 72: en el apartado 3- 2.3, considerando los siguientes niveles mínimos de acceso:

Nivel 1: Brindar acceso al panel solo a las personas que cumplen con las funciones de supervisión y seguridad, principalmente al personal que brinda respuesta inicial ante una señal de alarma, avería o supervisión.

Nivel 2: Brindar acceso al panel solo a las personas que tienen responsabilidad directa con funciones de seguridad, así como las personas que cuenten con entrenamiento para operar el panel.

Nivel 3: Brindar acceso a las personas que cuenten con entrenamiento y tengan autorización para efectuar lo siguiente:

- a) Modificar configuración de datos específicos en la unidad de control.
- b) Realizar el mantenimiento en la unidad de control cumpliendo las instrucciones del fabricante.

Nivel 4: Debe permitir el acceso a las personas que se encuentren entrenadas y autorizadas para efectuar reparaciones en el panel o alterar la programación del sistema.

4.3.8.2.5. Características técnicas

Los datos mínimos requeridos de los controladores y JB para sistema de Detección y Alarma de Incendio son:

Gabinete Principal:

TC-SCI-01

Tensión de Entrada : 220Vac (L+N) Estabilizada.

Tensión de Trabajo : 24VDC (nominal) fuentes de alimentación redundante.
Incluye módulo de redundancia.

Detección e Identificación : 4 Zonas – 25 Dispositivos de 0.1mA por Zona.

Salidas : 4 Circuitos de 2.5A cada uno. (min).

Cableado : A o B.

Grado de protección : IP 56.

Pruebas del Sistema.

Capacidad de Software : Niveles de acceso.

Registro de 100 últimos eventos.

Módulos Zonificación de alarma seleccionable.

: LCD ubicaciones remotas (operaciones y supervisiones).

Interface de comunicación Modbus RS-485, Ethernet TCP

Módulo de Interface Remoto.

Módulo de entradas y salidas EDIO

Módulo entradas analógicas AIM.

Gabinetes de campo:

JB-F&G-001 / JB-F&G-002 / JB-F&G-003/ JB-F&G-004/ JB-F&G-005

ensión de entrada : 220vac (l+n) estabilizada.

Tensión de trabajo : 24Vdc (nominal) fuentes de alimentación red

Incluye módulo de redundancia para alimentación de salidas digitales.

Cableado : A o B.

Grado de protección : NEMA 4X, IP66.

Capacidad de Software : Configuración por RED LON desde controlador EQP en
Tablero TC-SCI-01.

Módulos : Módulo de entradas y salidas EDIO (cantidad de acuerdo con
hoja de datos de tableros SCI para cada gabinete).

: Módulas entradas analógicas AIM (cantidad de acuerdo con
hoja de datos de Tableros SCI para cada gabinete).

La cantidad de módulos de cada tipo se muestra en la hoja de datos de tableros SCI.

4.3.8.2.6. Pruebas

Se incluirá, la relación de pruebas estándar efectuadas en fábrica por el proveedor (Pruebas FAT). Antes de efectuar las pruebas, el proveedor del gabinete deberá entregar un databook con los certificados de materiales y equipos, planos en última revisión aprobados para construcción y certificado de calibración de equipos usados para las pruebas. El proveedor suministrará los protocolos de pruebas en fábrica (FAT) y en sitio (SAT), con 30 días de anticipación antes de la realización de la prueba . Las pruebas para efectuar al sistema de detección y alarma, sin carácter limitativo serán las siguientes:

- a. Inspección del material a ser empleado en el montaje e instalación.
- b. Inspección del acabado.
- c. Verificación de montaje.
- d. Verificación del conexionado y cableado.
- e. Prueba de operación del SIC y correcto funcionamiento de los dispositivos de campo en interacción con el mismo (Matriz de funciones NFPA 72).
- f. Elaboración de entregables con protocolos de prueba empleados.
- g. Prueba SIT con asistencia del proveedor del sistema.

4.3.8.2.7. Inspecciones

Antes de la instalación del gabinete del sistema contra incendio, el proveedor informará al propietario con la anticipación debida sobre los documentos de certificación de inspección y prueba sometidos.

Ítem de Especificación	Cumplimiento	No Cumplimiento
4.3.8.2.1.		
4.3.8.2.2.		
4.3.8.2.3.		
4.3.8.2.4.		
4.3.8.2.5.		
4.3.8.2.6.		
4.3.8.2.7.		
<hr/>		
4.3.9. Especificaciones de bombas.		
Las especificaciones establecen los requisitos que tiene que cumplir las bombas antes de su instalación, son equipos que se utilizaran para el “Rediseño del sistema contra incendio en Planta de Almacenamiento de la empresa SOLGAS S.A.”		

4.3.9.1. Características bombas principales.

Datos de la bomba:

Tamaño y tipo de bombas: 21JHC

Patrón del impulsor: D04-68904

Diámetro del impulsor: 15.125

Puntas de paleta: 188

Etapas: 2

Clasificación (Diseño)

GPM: 5000

FT HD: 311

RPM (N2): 1770

Informacion de Prueba (Turbina Vertical)

Venturi Meter: 12

Venturi Constant: 475.37

Discharge Dia: 14.00

Bowl Constant: 1.00000

Water Level: 64.00

P1: 0.00

Pressure Ga:300 PSI

Informacion del conductor de Prueba

HP:600

RPM: 1770

VOLTS: 460

AMPS: 655

De acuerdo con la presión en la red principal se tiene la secuencia de activación de las bombas principales contra incendio mostrada, según detalle de la tabla 55.

Tabla 54 Secuencia de activación

Orden	Bomba	Presión de la red (psig)
3	P-3A	110 (1)
4	P-3B	100 (1)
1	P-3C	130 (1)
2	P-3D	120 (1)

Fuente: Propia

4.3.9.2. Características bomba secundaria.

La figura 35 muestra las características de la bomba seleccionada.

Figura 35 Características de la Bomba

MODEL:VIT-CFTM Size:6RAHC 19 Stage(s) QTY:1	
Operating conditions	
SERVICE	
LIQUID	BOMBA JOCKEY (70.0 deg F) SP.GR 1.000
LIQUID TYPE	Non Toxic
CAPACITY	27.5 gpm
RATED HEAD	295.0 ft
SUMP DEPTH	23.60 (ft)
Performance at 1770 RPM	
BOWL EFFY	66.1% @design
RUN OUT CAPACITY	44.9 (gpm) (Min Req.Submerg. 10.00 (in) @ Run out) (1), (2)
POWER	3.30 @design, 2.1 @ Shut off, 3.8 NOL (hp)
NPSHr @1st imp. eye	2.1 ft (available NPSH is 56.5 ft at 1st imp. eye)
TOTAL THRUST	526.1 @ Shut off, 459.0 @design (Lb)
DISCH. PRESSURE	153.4 psi g @ Shut off, 128.6 @design (at disch. flange)
MIN. FLOW	Continuous Stable: 8.8 gpm Hydraulic: 8.8 gpm Thermal: N/A
(1) for vortex suppression, based on H.I. 1994 Edition	
(2) Min Req.Submerg. 10.00 (in) @ Rated	
Materials and Dimensions	
BOWL	Cast Iron standard
SUCTION BELL	Cast iron
IMPELLER	Bronze (Enclosed) taper locked
IMPELLER DIA	4.0000 (in)
BOWL SHAFT	416SS 1.0000 (in) diameter
SUCTION BEARING	Bronze
BOWL BEARINGS	Bronze
COLUMN	Carbon steel 3.00 (in) diam., 16 (ft) long Threaded
COLUMN SHAFT	416SS, 1.0000 (in) diam. (open) lineshaft sleeve: none
LINESHAFT BRGS	Rubber (dog bone), 5ft spacing
LINESHAFT CPLG	416SS, Threaded
DISCH. HEAD	Cast iron
HEADSHAFT CPLG	416SS Threaded
COUPLING GUARD	Aluminum
DISCH. FLANGE	4 (in) 125# F.F.
TPL	23.1 (ft)
Sealing Method	
PACKING	Acrylic yarn and graphite
PIPING	Goulds' standard bypass tubing

Fuente: Goulds Water Technology.

La bomba jockey encontrara encendida de forma automática con el objetivo de mantener una presión de 140 a 150 psig en la red del sistema, cuando no existan demandas de flujo por motivos de pruebas o incendio.

La Tabla 56 muestran la presión de arranque y parada de la bomba jockey P-4.

Tabla 55 Activación y Desactivación (bomba Jockey)

Acción	Presión de la red (psig)
Arranque	140 (1)
Parada	150 (1)

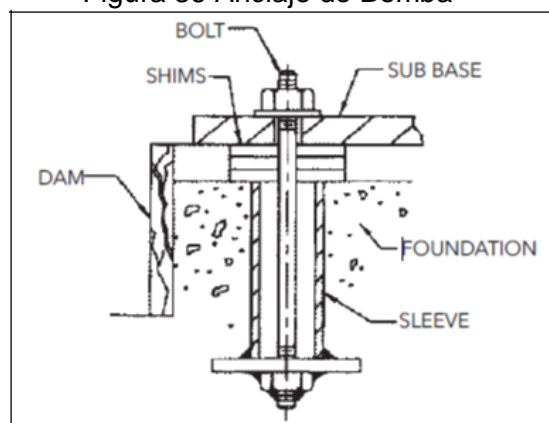
Fuente: Propia

4.3.9.3. Montaje de bombas.

Para realizar el montaje de las bombas se hizo de un montacargas para facilitar las maniobras y colocar los equipos en sus respectivas posiciones, tomando en cuenta las distancias y niveles de cada perno de anclaje.

- La bomba contra con espacios suficiente para su funcionamiento, mantenimiento e inspección.
- Cada será montada sobre una base de hormigón, que se ha vertido sobre una base sólida. La base tendrá la capacidad de absorber vibraciones formando un soporte rígido permanente para la unidad de bombeo
- La base será construida considerando la resistencia de soporte del peso de la bomba, más el peso del líquido que circula sobre la misma. Contará con pernos con un manguito de tubería 2.5 veces el diámetro del perno anclado en el concreto. El manguito de la tubería permitirá el movimiento para buscar la posición final de los pernos de cimentación y estos se puedan adaptar a los orificios en la brida de la subbase, (ver figura 36).

Figura 36 Anclaje de Bomba



Fuente: Propia.

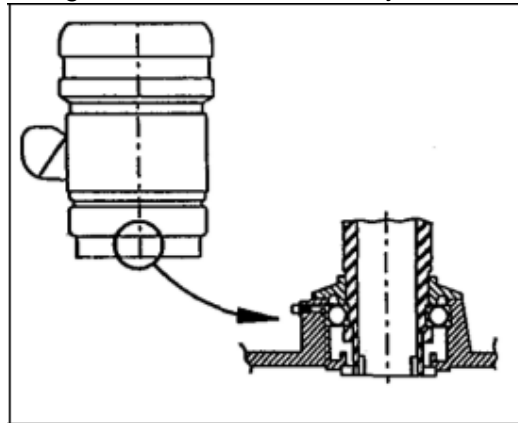
Instalación de la bomba.

- Se posicionará bomba para centrarlo sobre la abierta de la fundación. Asegurando la limpieza del sumidero y la tubería retirando sustancias contaminantes.
- Se nivelará y anclará en la posición final, para luego, retirar sustancias contaminantes de la bomba y brida de descarga.
- Se alzará la bomba y bajará lentamente hacia el sumidero, usando las terminales de levante en la cabeza de descarga, la operación será guiada manualmente hasta dejarla en su ubicación final.
- Se rotará la bomba hasta que la brida de descarga se encuentre en la dirección adecuada para el alineamiento con la tubería, luego se revisara y alinearan los orificios de los pernos de anclaje.
- Se bajará lentamente la bomba hacia la base.
- Se Instalarán pernos y tuercas de anclaje.
- Se instalará tubería desde la descarga girando la bomba en la base para facilitar su alineamiento.

Alineación de la bomba.

- Se limpiará brida del motor en la cabeza de descarga y se revisará desperfectos (rasguño) en el registro o superficie de montaje.
- Se removerá embrague del motor.
- Se Levantará el motor y limpiar la brida de montaje, descartando desperfectos (rasguños).
- Se revisará el cojinete guía que se encuentra instalada en la parte inferior del motor para estabilizar el eje, mostrada en la figura 37.

Figura 37 Ubicación de Cojinete

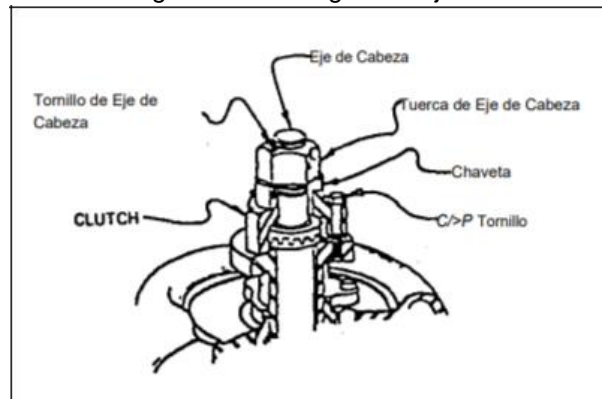


Fuente: Manual de operaciones Patterson

- Se levantará y centrará motor sobre la bomba.
- Se reducirá la altura cuidadosamente hasta un 1/4 de pulgada por encima de la brida de montaje.
- Se rotará motor hasta que la caja de conexión o el eje de entrada del engranaje quede en la posición correcta.
- Se alinearán los huecos para insertar pernos.
- Se reducirá altura cuidadosamente asegurando que la hembra en el motor acople con el macho de la bomba.
- Se realizará el ajuste de los pernos de montaje.
- Se limpiará los enrosques de los ejes (ambas puntas del eje de cabeza y superior).
Para acoplar los ejes en sus enrosques respectivos.
- Lubricar los enrosques del eje superior y enroscar acople del eje medio hacia el eje superior.
- Lubricar los enrosques del eje de cabeza, luego pasarlo por el motor, y enroscarlo al acople del eje. Los dos ejes deben topar.
- Se Instalará embrague en el eje, apropiadamente, tal como se muestra en la figura 38.
- Instalar chaveta en el embrague y el eje. Debería deslizar en su lugar.

- Enroscar la tuerca de ajuste en la parte inferior (enrosques de mano izquierda) en el eje hasta que quede ajustada al embrague.

Figura 38 Embrague de Eje

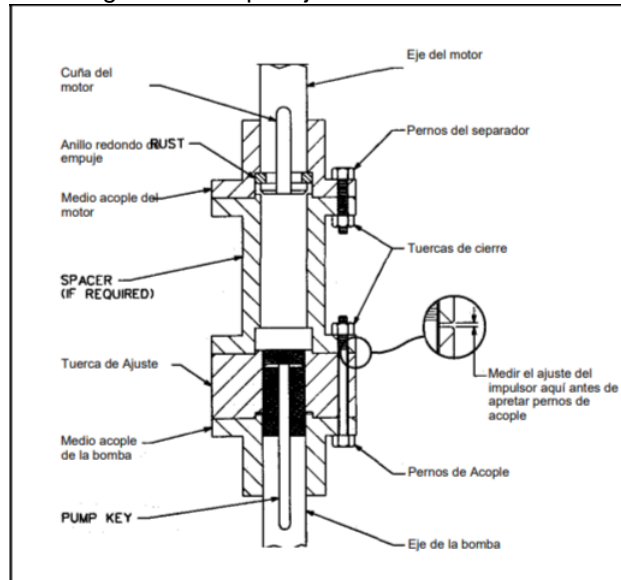


Fuente: Manual de operaciones Patterson

Ajuste del impulsor.

- Se ensamblará el acople de la bomba y el motor.
- Se ajustará la tuerca por el eje hasta que quede firmemente ajustada contra el separador o hasta que el eje del motor no baje más. Con el ajuste se asegurará que los impulsores queden sentados en una ubicación ideal (lugar y posición) para realizar el ajuste.
- Se enroscará tuerca para conseguir el ajuste del impulsor.
- Deslizar el medio acople de la bomba en el eje y alinear los huecos en la tuerca de ajuste con los huecos del acople.
- Rotar el eje del motor hasta que pernos puedan ser instalados y ajustados.
- Ajustar los pernos para conseguir alzar los impulsores a su posición de operación correcta, tal como se indica en la figura 39.

Figura 39 Acople ajustable con brida



Fuente: Manual de operaciones Patterson²⁴

Sello mecánico.

- Se limpiará previamente la cavidad del sello antes de su instalación.
- Se debe asegurar la limpieza y estado de las caras de la cubierta y la cubierta del sello.
- El sello del eje es un instrumento de precisión.
- Las líneas de circulación permanecerán abiertas y en su posición.
- Se debe realizar el ajuste del impulsor antes de ajustar el sello.

4.3.10. Especificaciones de hidrante.

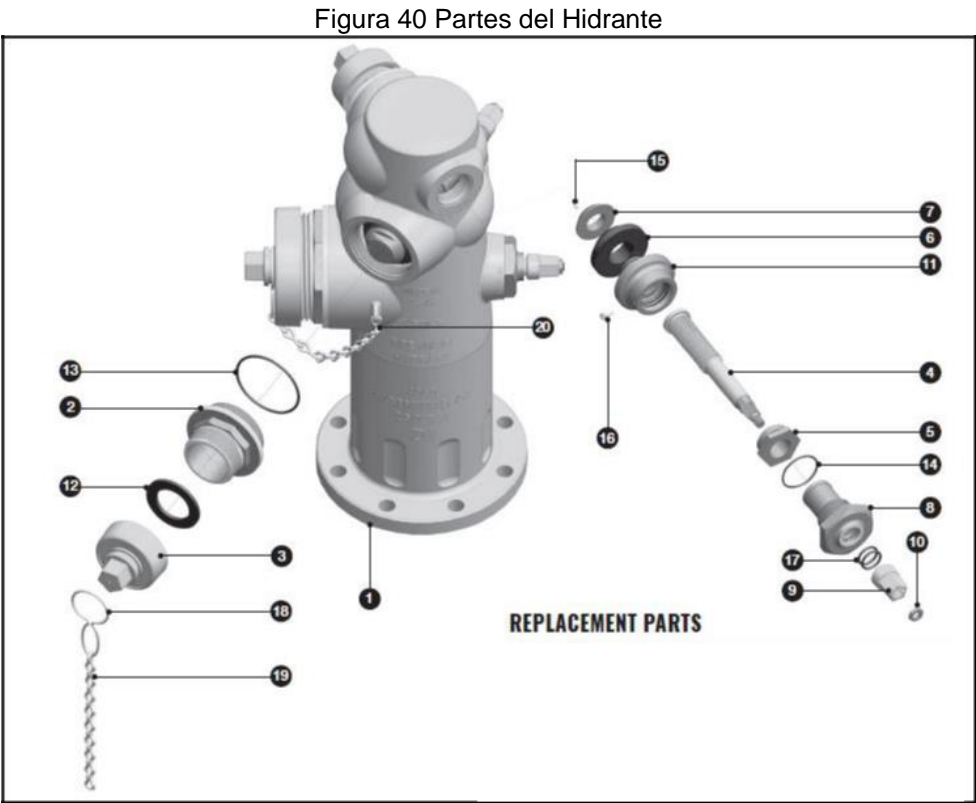
4.3.10.1. Montaje de bombas.

- Hidrante monitor húmedo barrel modelo J4060m ul/fm //mueller
- Conforme awwa standard c503
- Certificado por NSF 61 & 372
- Presión máxima de trabajo 250 psi.
- 2 salidas de 2 1/2" con válvula incorporada
- 1 conexión autobomba storz 4"
- 1 salida para monitor

²⁴Patterson Pump Company

4.3.10.2. Partes del hidrante.

En la figura 40 y tabla 57 se muestras y detallan las partes el hidrante.



Fuente: SOLGAS S.A.

Tabla 56 Componentes del Hidrante

Id	Descripción	Material	Id	Descripción	Material
1	Hydrant body	Ductile iron	11	Hydrant disc holder	Brass astm b584
2	Nozzle insert	Brass astm b584	12	Nozzle gasket	Neoprene
3	Hose cap	Cast iron	13	Nozzle insert o-ring	Buna-n
4	Hydrant stem	Brass astm b584	14	Stem insert o-rings	Buna-n
5	Stem locknut	Brass astm b584	15	Locknut retainer pin	Stainless steel
6	Beveled hydrant disc	Buna-n	16	Stem locknut retainer screw	Stainless steel
7	Hydrant disc locknut	Brass astm b584	17	Stem seal o-rings	Buna-n rubber
8	Stem insert	Brass astm b584	18	Chain ring	Steel
9	Pent nut	Brass astm b584	19	Chain	Steel
10	Pent nut retainer	Brass astm b62	20	S-hook	Steel

Fuente: SOLGAS S.A.

4.3.10.3. Pruebas.

- Con la válvula auxiliar cerrada retire la tapa superior de la boquilla y abra ligeramente la válvula superior.

- Abra lentamente la válvula auxiliar y permita que el aire escape por la boquilla superior de apertura.
- Después de que todo el aire haya escapado del hidrante (evidenciado por agua saliendo por la boquilla superior salida), cierre la válvula de salida superior y abra completamente la válvula auxiliar.
- Con todas las tapas quitadas y la hidrante presurizado a la presión de la línea, Inspeccione visualmente si hay fugas en el junta de brida, boquillas de salida, válvula discos e inserciones de vástago alrededor del vástago. (ver plano SOL003917MPL013h01-0).

4.3.11. Pruebas en los sistemas de enfriamiento mediante aspersores.

4.3.11.1. Alcance

Reunir los requisitos a considerarse para realizar pruebas en los sistemas de enfriamiento mediante aspersores, basado en la norma NFPA 15, instaladas en las esferas y tanques estacionarios de Planta de almacenamiento de GLP del Callao.

4.3.11.2. Representantes presentes durante la prueba

- Propietario o representante de la empresa SOLGAS S.A.
- Empresa instaladora del sistema contra incendio.
- Empresa externa Licitada para las pruebas.
- Osinergmin (entidad responsable del cumplimiento normativo).

4.3.11.3. Representantes presentes durante la prueba

Documentos

- Planos de tuberías incluyendo la ubicación de los aspersores y válvulas del sistema a probar.
- Cálculos hidráulicos del sistema.
- Información respecto a la cantidad de aspersores indicado en el Estudio de Riesgos y/o memoria descriptiva.

- Certificados de las pruebas hidrostáticas y lavado de tuberías.
- Certificados de calibración de los manómetros, no mayor a 12 meses antes de la prueba. Equipos

- Manómetros listados serán de una capacidad mayor a la presión de trabajo (doble)²⁵ indicado en la figura 41.
- Cronómetro.

Figura 41 Manómetro listado por UL



Fuente: Osinergmin²⁶

4.3.11.4. Desarrollo de la prueba

Acciones preliminares.

- Realizar una inspección visual de todo el sistema para asegurar la hermeticidad, corrosión, golpes, defectos de soldadura, daños mecánicos, etc. Ver figura 42.
- Realizar inspección visual para comprobar que el diámetro de la tubería del sistema de aspersores sea mayor o igual a 25 mm (1 pulg).²⁷
- Verificar que el sistema de actuación del sistema de aspersores es listado (válvula de diluvio, electroválvula, etc).²⁸

²⁵ Numeral 5.8 de la NFPA 15, edición 2017. *Indicadores de presión. Los indicadores de presión requeridos deben ser listados y tener un límite máximo no inferior a dos veces la presión normal de trabajo donde están instalados.*

²⁶ Pruebas-aspersores-DE GLP-NFPA-15-Osinergmin

²⁷ Numeral 5.3.8 de la NFPA 15, edición 2017. *Diámetro mínimo de tubería. El diámetro mínimo de tubería debe ser 25 mm (1 pulg) para acero y acero galvanizado, y 19 mm (3/4 pulg) para cobre y acero inoxidable.*

²⁸ Numeral 5.7.2.1 de la NFPA 15, edición 2017. *Las válvulas de actuación del sistema deben ser listadas.*

Figura 42 Vista de la válvula de actuación y la válvula de control



Fuente: Osinergmin.

- Verificar que los accesorios para el encendido/apagado de la válvula de actuación sean listados. Esto incluye tanto los accesorios instalados junto a la válvula, como el sistema manual remoto para la activación.
- Verificar que se cuenta con una válvula de control listada para el sistema de aspersores.
- Verificar que la válvula de actuación y de control del sistema de aspersores se encuentre alejada de zonas expuestas al fuego y/o accesibles.
- Debe verificarse que la válvula de actuación cuenta con un manómetro aguas arriba.
- Realizar una inspección visual de cada uno de los aspersores verificando que todas las boquillas sean listadas, y que las especificaciones de los aspersores coinciden con lo que fue descrito en la Memoria Descriptiva y/o Estudio de Riesgos, figura 43 muestra tipo de aspersor.

Figura 43 Vista de la instalación de los aspersores



Fuente: Osinergmin.

- Verificar que las boquillas pulverizadoras no se encuentran pintadas.
- Realizar una inspección visual de los aspersores verificando que, en todas las boquillas, la posición y separación vertical u horizontalmente no exceda los 3 m, la figura 44 muestra posición de la boquilla.

Figura 44 Vista de la instalación de los aspersores



Fuente: Osinergmin.

- Verificar que la cantidad de aspersores sea igual o superior a la indicada en el Estudio de Riesgos.
- Verificar que la línea perimetral del alcance de los rociadores piloto cubre totalmente el tanque estacionario de GLP y es capaz de detectar fuego hasta el nivel más alto del tanque; cuando sea el caso.
- Verificar que se ha instalado un (1) manómetro de presión en la ubicación más remota del sistema de aspersores.
- Verificar que todos los rociadores piloto son listados.
- Verificar que la distancia horizontal entre los rociadores pilotos no es mayor de 2.5 pies.
- Verificar que, en la línea de rociadores piloto, se cuenta con una válvula de purga para la simulación de la activación automática.

Prueba de activación del sistema

Realizar una prueba de operación para asegurar que el sistema de aspersores responda según su diseño, tanto automática como manualmente (local y remota).

Para ello se deberá verificar que la apertura de la válvula de actuación funcione correctamente, a través de:

- La activación manual local de la válvula de actuación.
- La activación manual remota de la válvula de actuación.
- La activación automática de la válvula de actuación.

Desarrollo de la prueba

- La prueba debe realizarse con el sistema completo activado (encendido del SCI) para comprobar el adecuado funcionamiento del sistema contra incendio en su máxima demanda.
- El sistema de detección debe ser capaz de activar el sistema de aspersión dentro de los primeros 40 segundos.
- Verificar visualmente que los patrones de aspersión no estén obstaculizados por taponamiento de las boquillas.
- Verificar que el posicionamiento de las boquillas sean las adecuadas. Es decir que la orientación de cada aspersor logre que el agua pulverizada incida directamente sobre la superficie del tanque, considerándose también que el desperdicio de agua sea mínimo.
- Verificar que los patrones de descarga de agua en todas las boquillas mojen la superficie del tanque efectivamente, de acuerdo con el diseño realizado. Es decir, se debe verificar que los patrones mojen la superficie a proteger sin ninguna obstrucción.
- Verificar que los patrones de pulverización de las boquillas se encuentren o traslapen.
- Verificar que la descarga de agua pulverizada del sistema de aspersores incide sobre la parte baja de la superficie del tanque (bajo el eje del ecuador del tanque de GLP).

4.3.11.5. Registros de prueba

Se procederá con el registro de los siguientes parámetros para ser comparados con los criterios de diseño.

- La presión en la boquilla más remota.
- La presión en la válvula de actuación del sistema.

- El tiempo transcurrido entre la activación del Sistema de Detección y activación de la Válvula de Actuación.

4.3.11.6. Registros de prueba

- La presión en la boquilla más remota. La presión mínima de operación de los aspersores no será menor a 20 psi.
- El valor de la presión debe ser comparado con el valor de presión al cual fue diseñado el sistema de enfriamiento. Si la presión en el aspersor más alejado es mayor o igual a la presión de diseño y además es inferior a la presión máxima recomendada por el fabricante de los aspersores, se concluirá que la prueba es satisfactoria, en este aspecto. En caso contrario se rechazará la prueba, procediéndose a efectuar los cambios necesarios para obtener la presión deseada.
- La presión en la válvula de actuación del sistema. La presión en la válvula de actuación del sistema debe compararse con la presión indicada en las especificaciones técnicas del equipo, verificándose que se encuentre dentro del rango del límite establecido.
- Registro del tiempo de demora la activación de la válvula de actuación, para garantizar que se encuentre dentro de los 40 segundos establecidos. Al termino de la prueba, los resultados serán registrados junto con la documentación probatoria, la descripción de los sistemas probados y los certificados de los equipos de medición.

4.3.11.7. Resultados de la prueba

De haberse verificado que se cumple con todo lo indicado en 4 (Desarrollo de las pruebas) y 6 (Evaluación de los Registros) se dará conformidad de las pruebas realizadas al sistema de aspersores.

En caso no se cumpla con lo indicado en 4. Desarrollo de las pruebas y 6. Evaluación de los Registros se deberá revisar las causas, ejecutar las acciones correctivas y realizar las pruebas nuevamente.

“Ver formato de Lista de Verificación”.

4.4. Recursos económicos y Humanos

En la tabla 58 se indican los recursos necesarios para el estudio, elaboración y desarrollo del rediseño del SCI, el cual tendrá un costo de 115,463.30 USD.

Tabla 57 Recursos humanos

Ítem	Descripción
01	Personal - asesoría
02	Personal subcontratado – implementación
03	Personal ingenieros – SOLGAS S.A.
04	Personal supervisor – SOLGAS S.A.
05	Personal de logística – SOLGAS S.A.
06	Personal de almacén – SOLGAS S.A.

Fuente: Propia

los costos indicados son los asignados para el diseño y desarrollo del rediseño del sistema contra incendio. Asimismo, se indica en las tablas 59, 60 y 61 la relación de equipos más representativos del rediseño.

4.4.1. Lista de equipos e Instrumentos

Tabla 58 Lista de equipos

Ítem	Tipo	Descripción
1	Bomba contra incendio	Tipo: motobomba turbina vertical flujo nominal: 5000 gpm head nominal: 311 ft
2	Filtro	Tipo: filtro canasta tamaño de perforación: 3/8"
3	Hidrante	Tipo: barril húmedo conexiones: 2 x 2 ½" nh
4	Hidrante	Capacidad: 1200 gpm boquilla: 750gpm@100psig tipo: manual
5	Monitor	Tipo: barril húmedo conexiones: 2 x 2 ½" nh
6	Monitor	Capacidad: 1200 gpm boquilla: 750gpm@100psig tipo: manual
7	Válvula de diluvio	Tipo. Válvula de diluvio vertical con regulación de presión tamaño: 8"
8	Válvula de diluvio	Tipo. Válvula de diluvio vertical con regulación de presión tamaño: 6"
9	Válvula de diluvio	Tipo. Válvula de diluvio vertical con regulación de presión tamaño: 4"
46	Siamesa	—
47	Bocina / alarma sonora	—
48	Alarma visual / luz estroboscópica	—

Fuente: SOLGAS S.A.

Tabla 59 Lista de Instrumentos – Detección

Ítem	Tipo	Descripción
1	Sensor / transmisor de presión	Rango 0-300 psig
2	Interruptor de bajo nivel	Tipo: flotador
3	Interruptor de bajo nivel	Tipo: flotador

Fuente: SOLGAS S.A.

Tabla 60 Lista de Instrumentos - Mecánicos

Ítem	Diámetro	Tipo	Clase	Descripción	Listado
1	1/4"	Check	150#	Check en la descarga de p-3d y p-3a, descarga p-3b.	UL y/o FM
2	1/2"	Compuerta	150#	Bloqueo de p-3d, p-3c, p-3a, p-3b, nueva poza y poza existente.	UL y/o FM
3	1/4"	Compuerta	150#	Aislamiento de bomba p-3d y p-3c y descarga p-3c, aislamiento p-3a y p-3b.	UL y/o FM
4	1 1/2"	Check	150#	Check en la descarga de p-4	UL y/o FM
5	1 1/2"	Compuerta	150#	Aislamiento de p-4	UL y/o FM
6	20"	Compuerta	150#	Seleccionamiento de zona sur de la red principal enterrada	UL y/o FM
7	6"	Compuerta	150#	Aislamiento de mh-108	UL y/o FM
8	18"	Compuerta	150#	Seleccionamiento de zona sur de la red principal enterrada	UL y/o FM
9	20"	Compuerta	150#	Seleccionamiento de zona sur de la red principal enterrada	UL y/o FM
10	1/4"	Compuerta	150#	Seleccionamiento de zona sur de la red principal enterrada	UL y/o FM
11	6"	Compuerta	150#	Aislamiento de mh-101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109	UL y/o FM
12	18"	Compuerta	150#	Seleccionamiento de zona sur de la red principal enterrada	UL y/o FM
13	20"	Compuerta	150#	Seleccionamiento de zona sur de la red principal enterrada	UL y/o FM
14	1/2"	Compuerta	150#	Aislamiento de manifold sci de esfera t-1	UL y/o FM
15	8"	Compuerta	150#	Bloqueo de válvula de diluvio vd-101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115. 116, 117, 118	UL y/o FM
16	1/2"	Compuerta	150#	Aislamiento de manifold sci de esfera t-2, t-3.	UL y/o FM
17	6"	Compuerta	150#	Bloque de manifold sci de islas	UL y/o FM
18	1/2"	Check	175#	Check en línea de sensado de p-3d, p-4, p-3b, p-3a, p-3c	No Requerido
19	1/2"	Globo	175#	Bloqueo de línea de drenaje	UL y/o FM
20	1/2"	Check	125#	Check en línea de retorno de combustible para p-3d, p-3c, p-3b, p-3a	No Requerido

21	1/2"	Bola	150#	Bloqueo de línea de abastecimiento de combustible para P-3C, P-3B, P-3A, P-3D.	No Requerido
22	1"	Bola	150#	Bloqueo de drenaje de tanque de combustible para P-3D y P-3C.	No Requerido
23	1/2"	Bola	150#	Bloqueo de drenaje de tanque de combustible para P-3B, P-3A.	No Requerido
24	6"	Compuerta	150#	Aislamiento del hidrante H-101	UL y/o FM
25	8"	Compuerta	150#	facilidad a futuro para instalación de manifold	UL y/o FM
26	1/2"	Bola	150#	Bloqueo a transmisor de presión PT-101	UL y/o FM
27	3"	Compuerta	150#	Facilidad a futuro para SCI de bombas P1A/C y P2A/C	UL y/o FM
28	2"	Bola	150#	Drenaje de manifold	UL y/o FM
29	3/4"	Bola	150#	Facilidad para manómetro / venteo	UL y/o FM
30	3"	Compuerta	125#	Facilidad a futuro para SCI de bombas P9A/B	UL y/o FM
31	6"	Compuerta	150#	Facilidad futura para SCI de tanque fuera de servicio	UL y/o FM
32	2"	Bola	125#	Drenaje de línea de enfriamiento a T-6, T-5, T-4, T-3, T-1, T-2, T-8.	UL y/o FM
33	2"	Bola	125#	Drenaje de línea de enfriamiento a Isla 1 y 2.	UL y/o FM
34	3/4"	Bola	125#	Facilidad para manómetro en aspersores de T-3	UL y/o FM
35	3/4"	Bola	125#	Drenaje de sistema de enfriamiento en T-3	UL y/o FM
36	3/4"	Bola	125#	Facilidad para manómetro en aspersores de T-4	UL y/o FM
37	3/4"	Bola	125#	Drenaje de sistema de enfriamiento en T-4	UL y/o FM
38	3/4"	Bola	125#	Facilidad para manómetro en aspersores de T-5	UL y/o FM
39	3/4"	Bola	125#	Drenaje de sistema de enfriamiento en T-5	UL y/o FM
40	3/4"	Bola	125#	Drenaje de sistema de enfriamiento en T-6	UL y/o FM
41	3/4"	Bola	125#	Facilidad para manómetro en aspersores de T-6	UL y/o FM
42	1/2"	Globo	175#	Bloqueo de línea de drenaje	UL y/o FM
43	3/4"	Bola	150#	Facilidad para manómetro / venteo	UL y/o FM
44	1/2"	Compuerta	150#	Bloqueo de cabezal de prueba	UL y/o FM
45	1/2"	Mariposa	150#	Bloqueo en línea de retorno a poza	UL y/o FM
46	1 1/2"	Compuerta	125#	Previsión para facilidad futura	UL y/o FM
47	18"	Compuerta	150#	Seccionamiento de red enterrada	UL y/o FM
48	2"	Bola	125#	Drenaje de red	UL y/o FM

Fuente: SOLGAS S.A.

4.4.2. Análisis Económico

En tabla 62 se presenta el impacto económico-financiero de la propuesta del rediseño, a continuación, se indica la inversión para el desarrollo del proyecto.

Tabla 61 Inversión del Proyecto

Item	Descripción del trabajo	Und	Total
1	Fase 1 - ingeniería		115,463.30
1.1	General	1	984.86
1.2	Disciplina civil	1	19,916.10
1.3	Disciplina de procesos	1	8,558.14
1.4	Disciplina mecánica de equipos	1	4,041.95
1.5	Disciplina mecánica de tuberías	1	16,945.87
1.6	Disciplina eléctrica	1	5,681.00
1.7	Disciplina instrumentación	1	44,613.33
1.8	Dossier de calidad	1	9,814.70
1.9	Dossier de ingeniería sci	1	4,907.35
2	Fase 2 - procura		2,106,522.08
2.1	Procura mecánica	1	1,761,380.82
2.2	Procura electricidad	1	301,015.73
2.3	Procura instrumentación	1	44,125.53
3	Fase 3 - construcción		2,066,532.43
3.1	Especialidad mecánica	1	996,360.86
3.2	Especialidad civil	1	860,818.46
3.3	Especialidad eléctrica	1	20,348.45
3.4	Especialidad instrumentación	1	189,004.66
4	Fase 4 – fin		81,479.72
4.1	Puesta en marcha	1	20,230.00
4.2	Dossier de construcción	1	61,249.72
Total (USD)			4,369,997.53

Fuente: propia

Costo por el rediseño e implementación del sistema contra incendio es de **4,369,997.53** USD, La tabla 63 muestra el costo del mantenimiento agregado al proyecto para realizar el cálculo de retorno de la inversión, (Ver Gantt del proyecto).

Tabla 62 Costo Mantenimiento Anual

Item	Descripción del trabajo	Und	Costo usd
1	Mantenimiento de equipos	1	18,500
2	Mantenimiento y pruebas de redes	1	9,750
3	Limpieza de pozas	1	5,320
4	Pruebas y calibración de equipos	1	6,540
Total (usd)			40,110

Fuente: Propia.

Costo del mantenimiento anual del sistema contra incendio es de **40,110** USD, el cual será incluido para el cálculo de la inversión.

De no considerarse el rediseño contra incendio se puede incurrir en los escenarios.

- Incendio de la planta el cual podría generar pérdida de más de 500,000 USD (de acuerdo con el estudio riesgo realizado) en pérdidas humanas (trabajadores de la planta, así como afectados de las viviendas aledañas) como pérdidas materiales (infraestructura y equipos).
- Cierre de la planta de almacenamiento por no cumplimiento de las normativas internacionales y nacional supervisadas por el ente regulador (Osinergmin), ocasionando multas y pérdida de venta diaria.
- Trabajadores disconformes por no tomar en cuenta la seguridad como principal pilar de la política de trabajo.

En la tabla 64, 65 y 66 se indica las ventas, gastos y utilidad del 2019 de los de la empresa SOLGAS S.A.

Tabla 63 Ventas y Otro Ingresos 2019

Canal	Ventas y otros ingresos (MPES)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Envasado	8,570	9,670	10,640	13,560	14,720	15,650	16,120	15,430	16,330	15,595	15,430	16,760	168,475
Granel	5,430	6,540	9,650	9,980	10,980	12,850	13,950	12,277	12,562	11,649	11,450	11,890	129,208
Automoción	817	789	1,080	1,165	1,210	1,260	1,260	1,490	1,486	1,521	1,430	1,340	14,848
Mayorista	594	760	850	954	1,190	1,385	1,370	1,275	1,235	1,575	1,657	1,430	14,275
Terminal	540	650	870	960	935	1,140	1,255	1,225	1,486	1,486	1,340	1,230	13,117
Otros ingresos operacionales	255	276	340	206	230	280	235	410	402	435	410	405	3,884
Total (MPES)	16,206	18,685	23,430	26,825	29,265	32,565	34,190	32,107	33,501	32,261	31,717	33,055	343,807

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64 Gasto 2019

Descripción	Costos y gastos operativos (MPES)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Costos transporte primario	1,970	2,100	2,042	2,607	3,082	3,082	3,082	3,082	3,082	3,082	3,096	3,160	33,467
Costos terminal almacenamiento	419	430	417	420	490	480	470	490	440	441	445	470	5,412
Costos directos plantas de envasado	1,800	1,980	2,570	3,140	3,250	3,786	3,740	3,865	4,130	4,357	4,450	3,560	40,628
Gastos fijos	6,450	6,980	7,530	9,350	10,330	11,450	9,760	7,680	8,470	7,937	6,570	9,760	102,267
Gastos variables	3,560	4,560	4,970	4,680	5,130	5,081	7,650	5,015	5,030	5,087	5,145	7,650	63,558
Otros ingresos (gastos) no recurrentes	105	94	103	97	102	95	99	88	97	96	93	90	1,159
Impuesto asumido (deuda abastible)	273	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283	3,386
Total (MPES)	14,577	16,427	17,915	20,577	22,667	24,257	25,084	20,503	21,532	21,283	19,799	24,690	249,877

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65 Utilidad 2019

						Utilidad (MPES)							
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Utilidad (MPES)	1,629	2,258	5,515	6,248	6,598	8,308	9,106	11,604	11,969	10,978	11,918	8,365	94,496

Fuente: Elaboración propia.

*Se indica que el costo de la implementación del sistema contra incendio se podría recuperar en un año.

CAPÍTULO 5:

ANALISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis descriptivo (y estadístico, si procede) de la información relativa a las variables de estudio.

Los resultados obtenidos del rediseño fueron favorables aumentando la seguridad y eficiencia del sistema.

La tabla 67 muestra el aumento del agua almacenada proyectada con la implementación y construcción de una nueva piscina de 10,000m³, obteniendo un volumen adicional del 15% como factor de seguridad, considerando que se contaba con un volumen de agua inferior del 43% del volumen requerido.

Tabla 66 Volumen del SCI

Volumen actual	Volumen – nueva piscina	Volumen proyectado	Volumen requerido	Volumen adicional
9,500m ³	10,000m ³	19,500m ³	16,512m ³	15%

Fuente: Propia

La tabla 68 muestra el aumento del caudal con la instalación de nuevas bombas, obteniendo un caudal adicional del 9% como factor de seguridad, considerando que se contaba con un caudal inferior del 45% para una atención a su máxima demanda.

Tabla 67 Caudal de SCI

Caudal actual	Caudal – nuevas bombas	Caudal proyectado	Caudal requerido	Caudal adicional
10,000 gpm	10,000 gpm	20,000 gpm	18,175 gpm	9%

Fuente: Propia.

La tabla 69 muestra el cambio de nivel de riesgo operativo considerando el incremento del volumen de agua y caudal requerido, se logró pasar de un nivel catastrófico a un nivel de riesgo leve, y ello debido a contar con un sistema contra incendio eficiente para una atención oportuna y segura.

Tabla 68 Nivel de Riesgo

Nivel de riesgo operativo	Pérdidas humanas	Pérdidas materiales
Catastrófico	16,000	500,000 usd
Leve	2	< 10,000 usd

Fuente: Propia

La tabla 70 muestra que la inversión de implementación del rediseño del sistema contra incendio no afectara al desarrollo de la empresa y la recuperación estaría dentro del alcance de utilidad anual. Asegurando la continuidad, operación y producción de la venta del GLP.

Tabla 69 Venta vs Inversión

Promedio venta mes (MPES)	Promedio venta día (PES)	Inversión (MUSD)
28,651,000	955,019.00	4,369,997.53

Fuente: Propia

Cuadro indica la viabilidad y factibilidad del proyecto.

5.2. Análisis teórico de los datos y resultados obtenidos en relación con las bases teóricas de la investigación (reajuste de los modelos interpretativos si fuera necesario).

Al ser SOLGAS S.A. una empresa transnacional se entiendo que valor principal para el negocio es garantizar el bienestar de los trabajadores y calidad del productos, y para conseguirlo se debe cumplir con los estándares seguridad exigidos por los normas nacionales e internacionales.

Las plantas de almacenamiento tienen que implementar un sistema contra incendio adecuado y para su eficaz accionamiento cuando se lo requiera asegurando el bienestar de los operadores.

La situación actual del sistema contra incendio no cumple con lo exigido en la normas nacionales e internacionales por tanto podría no garantiza la eficiencia del sistema, así como la integridad de los trabajadores de la empresa y las poblaciones aledañas.

De acuerdo con ello SOLGAS S.A. se encuentra en etapa de implementación del sistema contra incendio el cual brindara mayor seguridad y eficiencia.

5.3. Análisis de la asociación de variables y resumen de las apreciaciones relevantes que produce (causa y efectos).

Luego de realizar el diagnóstico y rediseñar el sistema contra incendio se identificó que el mantener la planta de almacenamiento con el mismo sistema conservaría el nivel de riesgo operativo actual el cual originaria perdidas personales y materiales a la empresa y poblaciones aledañas.

Implementando el rediseño se logrará reducir el riesgo operativo de garantizando la seguridad a nuestros operadores.

CONCLUSIONES

- El diagnóstico realizado al sistema contra incendio actual dio como resultado comprobar la existencia de materiales no listados incumpliendo con los Decretos Supremos nacionales y normativa internacional (NFPA), además de contar con un almacenamiento de agua inferior del 43% y un caudal inferior del 45% al requerido para suministrar de agua al sistema contra incendio con un flujo continuo de 4 horas de la planta almacenamiento considerando construcción e implementación de la 3era esfera (T-8).
- Rediseñar el sistema contra incendio de la planta de almacenamiento permitió elaborar y construir las distintas etapas, definiendo la importancia de cada punto del sistema, planteando los objetivos y alcances tomando las normas como referencia, pasando al cálculo y resultados y finalizando con la simulación del tramo o punto revisado, como resultado final se obtuvo un sistema contra incendio adecuado para una atención a su máxima demanda considerando márgenes de seguridad adicionales en el volumen y caudal del 15% y 9% respectivamente.
- La evaluación económica para el rediseño e implementación del sistema contra incendio que cumple con los estándares de seguridad, calidad y eficiencia nos arroja una

recuperación de la inversión dentro del año después de su implementación, considerando los ingresos actuales del negocio.

RECOMENDACIONES

- Los diagnósticos para nuevos proyectos o ampliaciones en plantas del sector de Hidrocarburos deben ser realizado antes de la compra de equipos o implementación de estos con el objetivo de cumplir con la NFPA y decretos supremos nacionales, con respecto al tipo, certificación e implementación de materiales y equipos, así como realizar los cálculos del caudal para contar con un sistema contra incendio a su máxima demanda.
- Es importante considerar o implementar etapas para el rediseño de un sistema contra incendio, para con ello definir, documentar, calcular y obtener los resultados que garanticen implementar un sistema contra incendio adecuado cumpliendo con normativas nacionales e internacionales para una atención a su máxima demanda.
- Para medir y comparar los diversos beneficios que asegura la inversión en un nuevo proyecto es necesario realizar una evaluación económica para validar la viabilidad del proyecto.

Glosario

- a) **ADITIVO:** Sustancia química que mejora las propiedades de un producto.
- b) **GLP:** Gas Licuado de Petróleo.
- c) **ALFLEX:** Cable usados en áreas clasificadas: Clase I, División I, Grupos C y D.
- d) **A.P.I:** Instituto americano del petróleo.
- e) **DESTILADO:** Productos de condensación obtenidos durante el proceso de destilación fraccionada.
- f) **GRAVEDAD ESPECÍFICA:** Relación del peso de una unidad de volumen de una sustancia de referencia.
- g) **HIDRODESULFURADORA:** Función principal eliminación del azufre de la carga del crudo a través de un horno y un reactor, a alta temperatura (320 °C) y con una corriente de hidrógeno.
- h) **NFPA:** National FIRE Protection Association.
- i) **GPM:** Galones por minuto.
- j) **NÚMERO DE OCTANO:** Parámetro utilizado para la medición de mayor o menor tendencia a la detonación.
- k) **PUNTO DE CARGA:** punto de carga que transfiere el líquido hacia los camiones.
- l) **TRANSPORTE:** Encargado de transportar los hidrocarburos, realizado desde el lugar de recepción o captación hasta el lugar de entrega o devolución.
- m) **ACCIONADOR MANUAL:** Dispositivo que inicia un sistema o equipamiento de seguridad contra incendio.
- n) **AGENTE EXTINTOR:** Agente usado para la extensión del fuego.
- o) **AISLAMIENTO DE RIESGO:** Medida de protección pasiva por medio de compartimentación, destinado a evitar la propagación del fuego, calor y gases.
- p) **AISLAMIENTO TÉRMICO:** Material con característica de resistencia a la transmisión del calor.

- q) ALIVIO DE EMERGENCIA:** Dispositivo de alivio de la presión interna al sufrir sobrepresiones.
- r) ALARMA DE INCENDIO:** Instrumento sonoro y/o luminoso, que emite una señal a los tableros de emergencia, alerta las sobre posibles incendios.
- s) ALMACÉN DE LÍQUIDOS INFLAMABLES:** Área destinada, para ell almacenamiento de líquidos inflamables.
- t) ÁREA DE ALMACENAMIENTO:** Local continuo destinado al almacenamiento de recipientes transportables de Gas Licuado de Petróleo (GLP).
- u) ÁREA PROTEGIDA:** Área equipada con medios de protección adecuadas.
- v) ASPERSOR:** Dispositivo utilizado por los rociadores para el enfriamiento del tanque.
- w) BOMBA CON MOTOR DE EXPLOSIÓN:** Dispositivo Hidráulico con una fuerza obtenida por la explosión de la mezcla del combustible - aire.
- x) BOMBA CON MOTOR ELÉCTRICO:** Dispositivo Hidráulico conectado a la corriente eléctrica.
- y) BOMBA DE VACÍO:** Bomba destinada para remover el aire del interior de un elemento o dispositivo.
- z) BOMBA DE PRESURIZACIÓN (“Jockey”):** Dispositivo hidráulico centrífugo que mantiene el sistema presurizado en una franja de presión preestablecida
- aa) IGNICION:** Acción y efecto de iniciarse una combustión.
- bb) TRIANGULO DE FUEGO:** Herramienta didáctica que muestra los tres factores necesarios para la combustión y producción de llama (oxígeno, calor y combustible).
- cc) BLEVE:** Explosión de vapor que expande de un líquido en ebullición.
- dd) CAMLOCK:** Acoplamiento de levas y ranuras.
- ee) PLEM:** Colector de extremo de línea de tubería.
- ff) ACI:** American Concrete Institute
- gg) RNE:** Reglamento Nacional de Edificaciones.
- hh) CCM:** Centro de control de motores.

ii) **PLC:** (controlador de lógica programable

jj) **SCADA:** Supervisory Control and Data Acquisition

kk) **CORIOLIS:** rotación del cuerpo que se encuentra en movimiento.

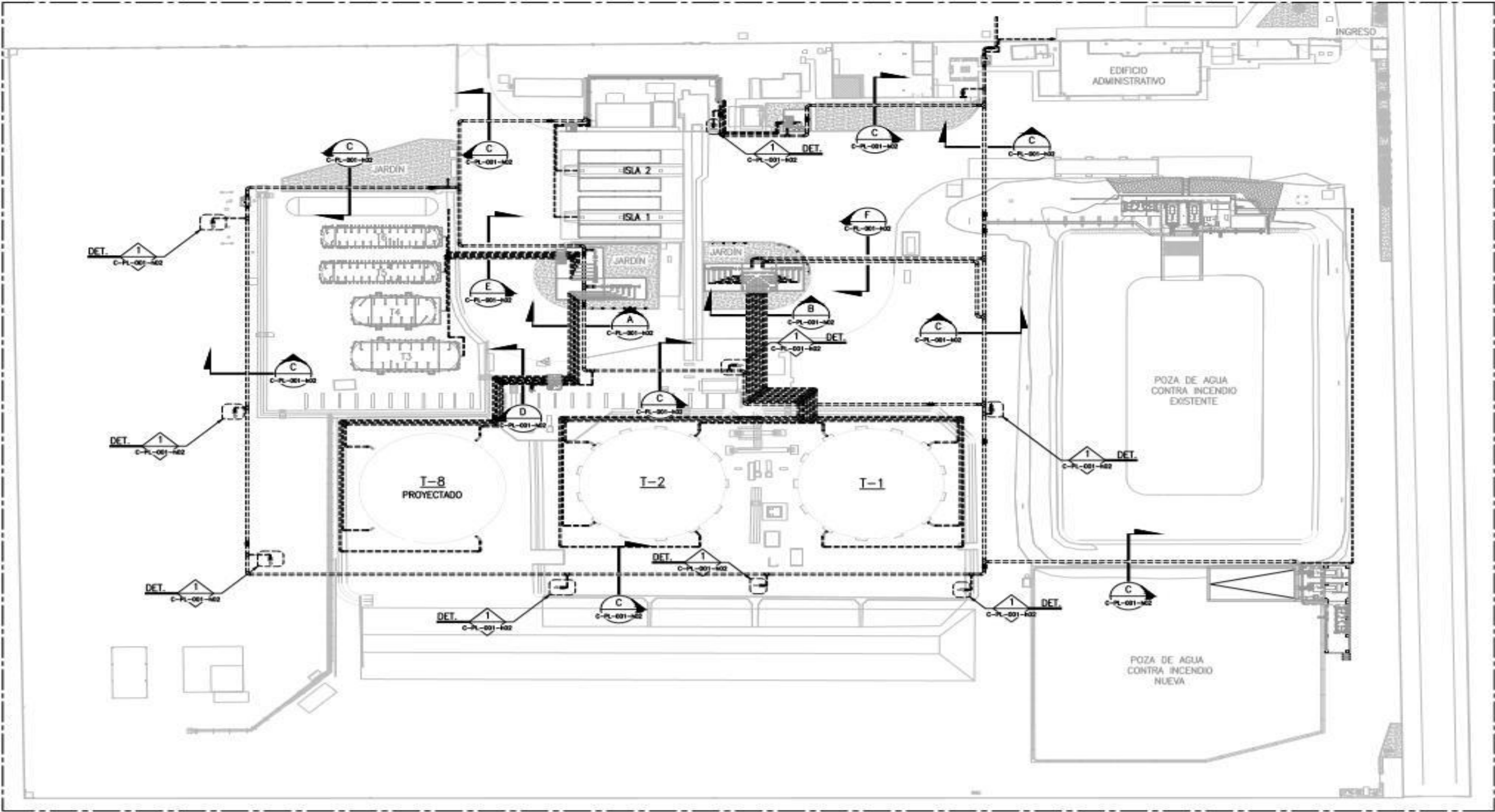
BIBLIOGRAFIA

- ABS Group - Estudio de Riesgos RP - 152-01- R3. (20018). Ampliacion de la planta de almacenamiento de GLP.
- Delzo Esteban, C. (2015). Estrudio del Trabajo . Lima : UTP .
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. P. (2010). Metodologia de la investigacion (Quinta ed.). Mexico.
- Ingenium. (2016). Metodologia de la Investigacion Tecnologica en Ingenieria. Revista de Ingenieria , 43-46.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (1995). NFPA58: Norma para el almacenamiento y manejo de gases licuados de petroleo.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (2007). NFPA 13: Norma para la instalacion de sistemas de rociadores.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (2007). NFPA 15: Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. (2007). NFPA 15: Norma para sistemas fijo de aspersores de agua para proteccion contra incendio.
- Nieto Carrillo, A. V. (2018). Diseño y Selección de Sistemas Contra Incendio en Plantas Envasadora de GLP. Babahoyo: Centro de Investigación y Desarrollo Profesional.
- Nieto Carrillo, A. V., & Ocaña Carrera, E. R. (2010). Diseño de un sistema de proteccion contra incendios en una planta envasadora de gas. Quito.
- Osinermin. (2010). Organismo Supervisor de la Inversion en Energia y Mina. Obtenido de <http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/pages/GFH/1432.htm>
- Osingermin. (2020). Organismo Supervisor de la Inversion de Energia y Mina. Obtenido de Almacenamiento-DT-Pruebas-aspersores-PEGLP-NFPA-15-Osinergmin: http://becas.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/hidrocarburos/Documentos/Almacenamiento/Documentos-Tecnicos/Almacenamiento-DT-Pruebas-aspersores-PEGLP-NFPA-15-Osinergmin.pdf

- Pagano, R. (2000). Estadística para las ciencias del comportamiento . Madrid: International Thompson.
- Presidencia de la República del Perú. (1993). Decreto Supremo N° 052-93 EM: Reglamento de Seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos. Lima.
- Presidencia de la República del Perú. (2007). Decreto Supremo N° 043-2007-EM: Reglamento de Seguridad para las actividades de hidrocarburos. Lima.
- Pulido Montoya, J. L. (2005). Prevención y control de incendios y explosiones . Lima.
- Romero Terán, H. D. (2007). Desarrollo y seguimiento del diseño del sistema contra incendios del centro operativo San Joaquín.
- Sanchez Carrion, J. (1995). Manual de análisis de datos. Madrid: Aliana.
- Santillan Delgado, M. G. (2013). Desarrollo y estudio de un sistema contra incendio para la envasadora de GLP Shushufindi. Quito.
- SOLGAS S.A. (2021). SOLGAS S.A. Obtenido de Nosotros: Visión, Misión y Valores de SOLGAS: <https://www.solgas.com.pe/nosotros/>
- Soutullo, R. G. (2014). Ingeniero Marino. Obtenido de Teoría del fuego (Conceptos básicos): <https://ingenieromarino.com/teoria-del-fuego/>

ANEXOS

Anexo 1 Plano de Planta



Anexo 2 Distancia Máxima de Aspersores a Pared

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 65° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
30°	3.0	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7
45°	2.4	2.4	2.5	2.7	2.7	2.9	3.0
60°	2.1	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.7
90°	2.0	2.1	2.1	2.3	2.4	2.4	2.6
120°	1.9	1.9	2.0	2.1	2.3	2.3	2.4
135°	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.3
150°	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1	2.1
180°	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 125° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
30°	1.4	1.4	1.6	1.8	2.1	2.2	2.4
45°	1.4	1.4	1.4	1.5	1.8	2.0	2.1
60°	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5	1.7	1.8
90°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.4	1.4	1.7
120°	0.6	0.6	0.8	1.0	1.1	1.1	1.2
135°	0.5	0.5	0.7	0.9	1.1	1.1	1.1
150°	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
180°	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9	1.0

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 80° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
30°	3.0	3.0	3.0	3.2	3.4	3.4	3.5
45°	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.0
60°	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.4	2.6
90°	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4
120°	1.5	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1
135°	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0
150°	1.3	1.4	1.4	1.7	1.8	1.8	1.8
180°	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 140° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
30°	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8
45°	1.0	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6
60°	0.7	0.7	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4
90°	0.6	0.6	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2
120°	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
135°	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9
150°	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8
180°	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7

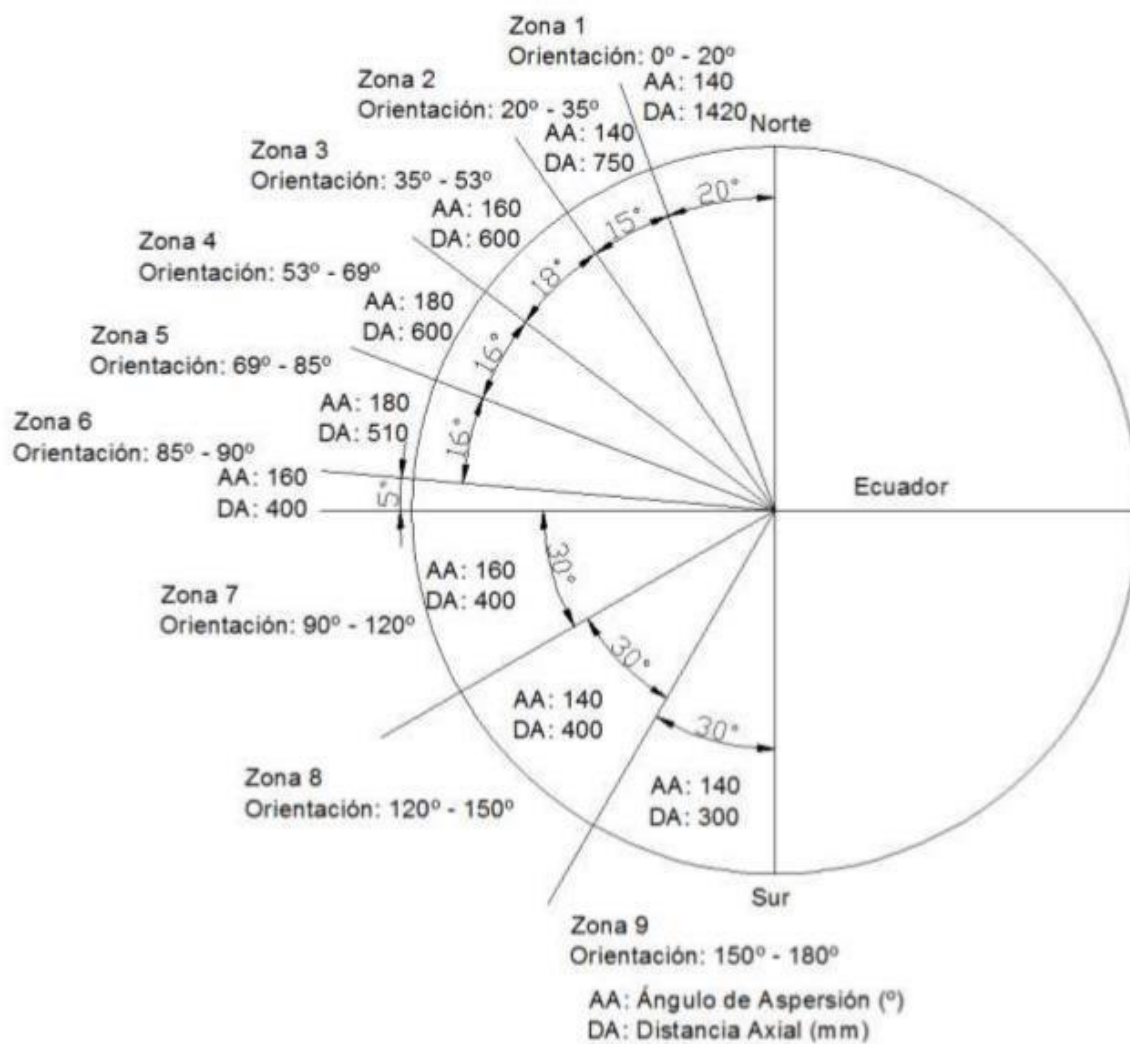
MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 95° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
30°	2.4	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.5
45°	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.7	2.9
60°	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1	2.4
90°	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1
120°	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8
135°	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
150°	1.0	1.1	1.1	1.4	1.4	1.5	1.5
180°	0.9	1.0	1.0	1.2	1.4	1.4	1.4

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 160° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
30°	4.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5
45°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
60°	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.0
90°	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.8	0.9
120°	NR	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
135°	NR	NR	0.3	0.5	0.5	0.5	0.6
150°	NR	NR	NR	0.3	0.4	0.5	0.5
180°	NR	NR	NR	0.3	0.3	0.4	0.5

MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 110° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
30°	2.0	2.0	2.2	2.5	2.7	2.8	3.0
45°	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6
60°	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2
90°	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0
120°	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5
135°	0.8	0.8	1.0	1.1	1.3	1.4	1.4
150°	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.3	1.4
180°	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3

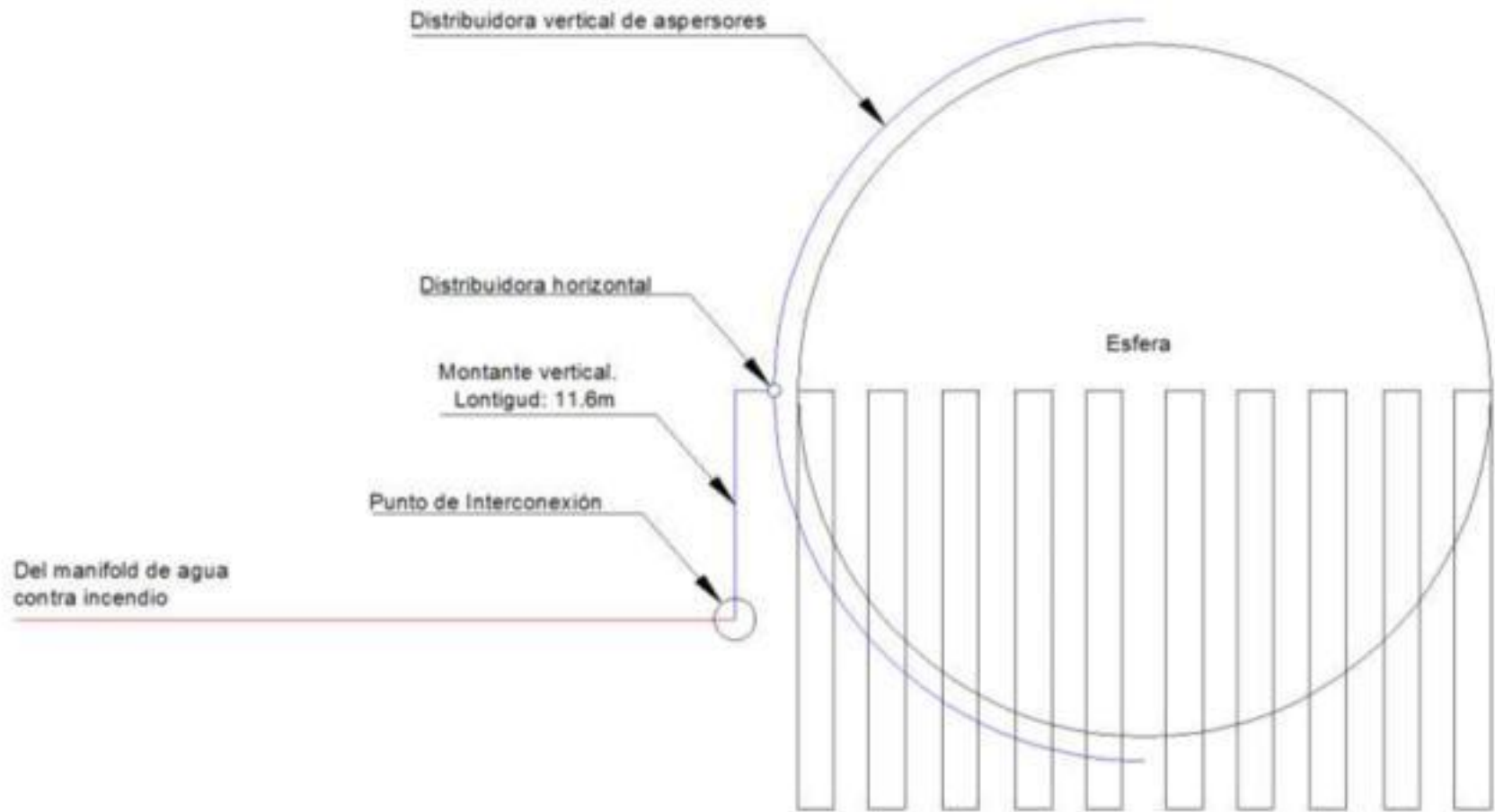
MAXIMUM AXIAL DISTANCE FOR 180° SPRAY ANGLE IN METERS							
FIXED ANGLE	K FACTOR (METRIC)						
	17.3	25.9	33.1	46.1	59.0	80.6	103.7
0°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
30°	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9
45°	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8
60°	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8
90°	NR	NR	0.3	0.3	0.5	0.5	0.7
120°	NR	NR	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5
135°	NR	NR	NR	0.3	0.3	0.4	0.5
150°	NR	NR	NR	NR	0.3	0.4	0.4
180°	NR	NR	NR	NR	NR	0.3	0.3

Anexo 3 Distribución de Zonas



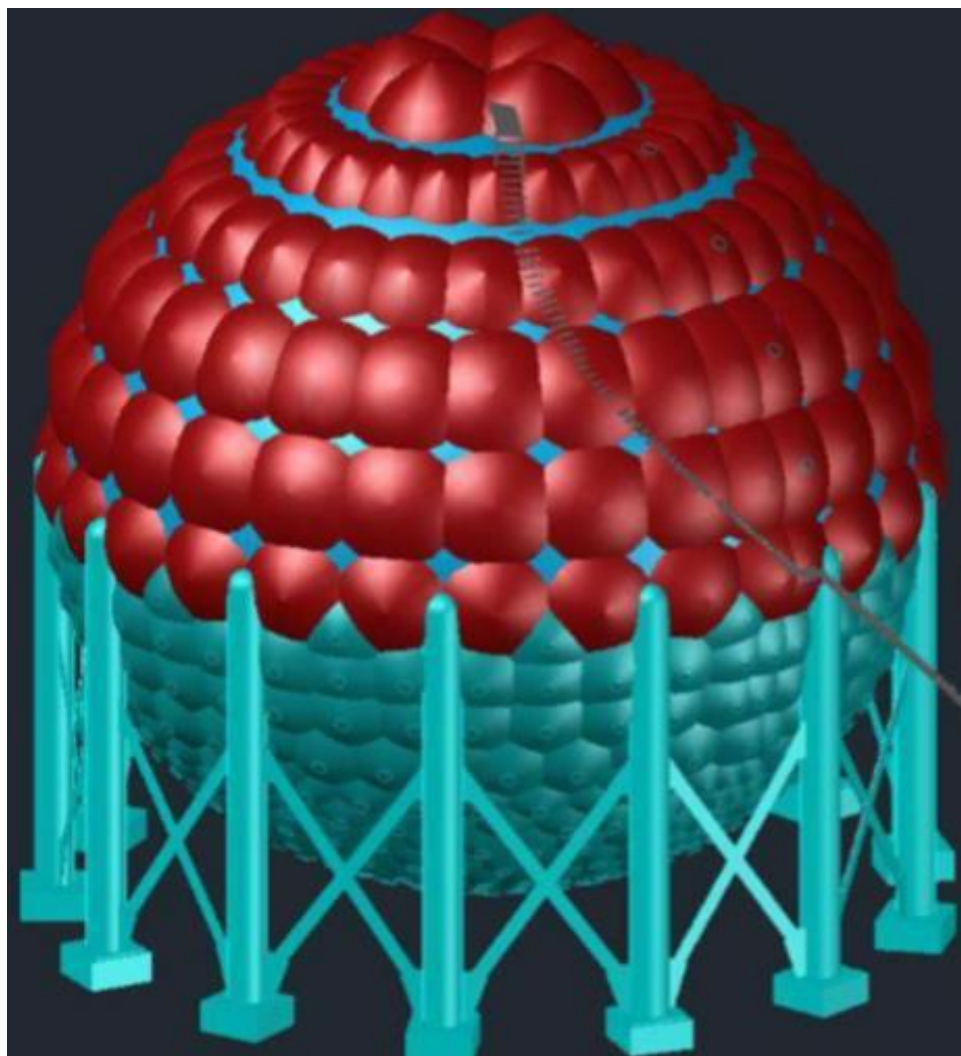
(Vista de elevación)

Anexo 4 Ubicación de Punto de Interconexión

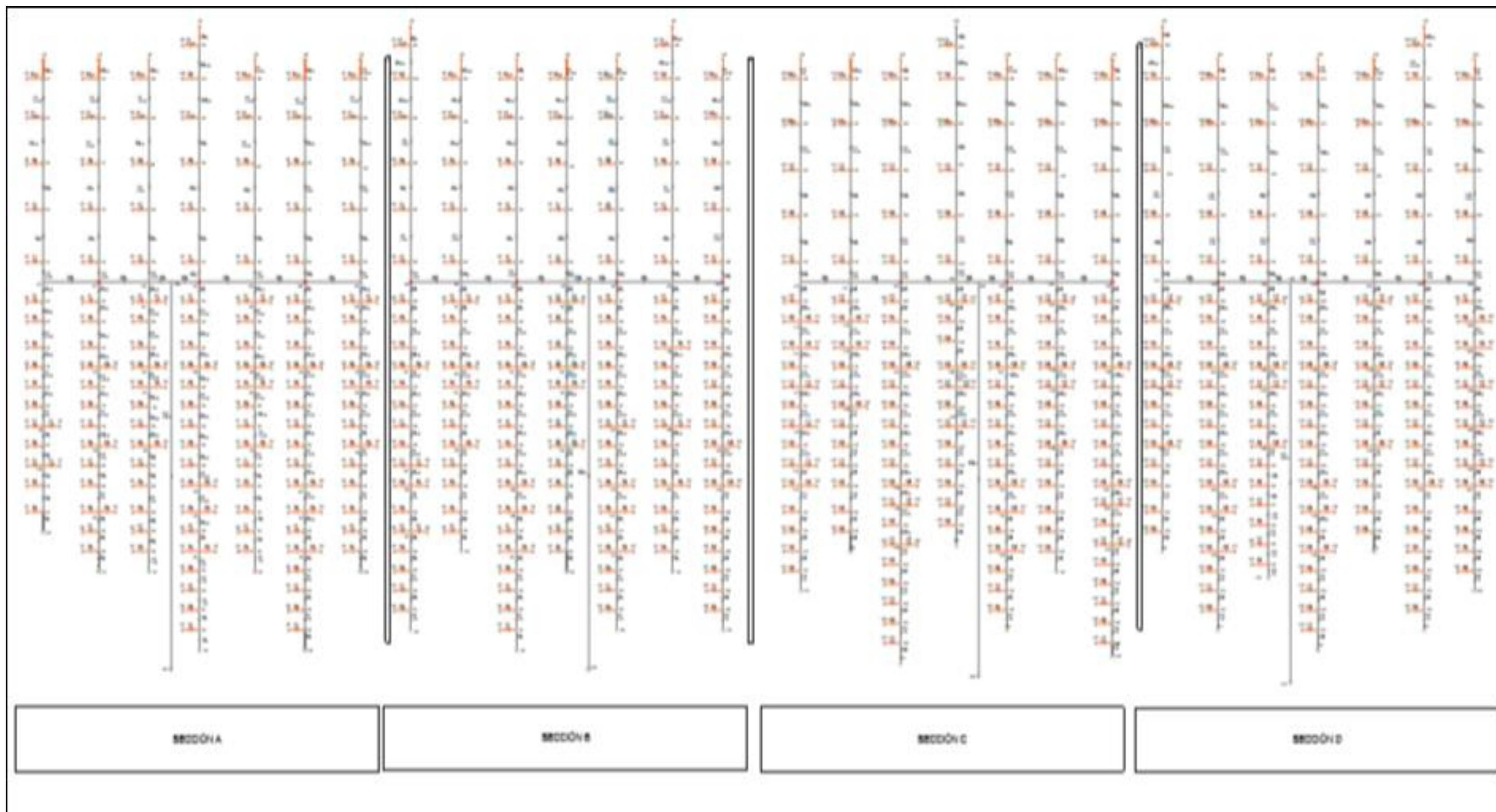


(Plano sin escala)

Anexo 5 Vistas de referencia del arreglo de aspersores



Anexo 6 Diagrama de Simulación de Secciones (AFT Fathom 8)



Anexo 7 Datos de las Curvas de las Secciones

Anexo-7-1 datos de curva de sección A

Flujo Q	Presión Estancamiento/Total	Flujo Q	Presión Estancamiento/Total
GPM	psig	GPM	psig
2071.0	75.8	2096.9	77.2
2072.7	75.9	2098.6	77.3
2074.4	76.0	2100.3	77.4
2076.2	76.1	2102.0	77.5
2077.9	76.2	2103.8	77.6
2079.6	76.3	2105.5	77.7
2081.3	76.4	2107.2	77.8
2083.1	76.5	2108.9	77.9
2084.8	76.6	2110.7	78.0
2086.5	76.7	2112.4	78.1
2088.2	76.8	2114.1	78.2
2090.0	76.9	2115.8	78.3
2091.7	76.9	2117.6	78.3
2093.4	77.0	2119.3	78.4
2095.14	77.13	2121.0	78.5

Anexo-7-2 datos de curva de sección B

Flujo Q	Presión Est/Total	Flujo Q	Presión Estancamiento/Total
GPM	psig	GPM	psig
2211.0	77.7	2242.0	79.3
2213.1	77.8	2244.1	79.4
2215.1	77.9	2246.2	79.5
2217.2	78.0	2248.2	79.6
2219.3	78.1	2250.3	79.7
2221.3	78.2	2252.4	79.8
2223.4	78.3	2254.4	80.0
2225.5	78.4	2256.5	80.1
2227.6	78.5	2258.6	80.2
2229.6	78.7	2260.7	80.3
2231.7	78.8	2262.7	80.4
2233.8	78.9	2264.8	80.5
2235.8	79.0	2266.9	80.6
2237.9	79.1	2268.9	80.7
2240.0	79.2	2271.0	80.8

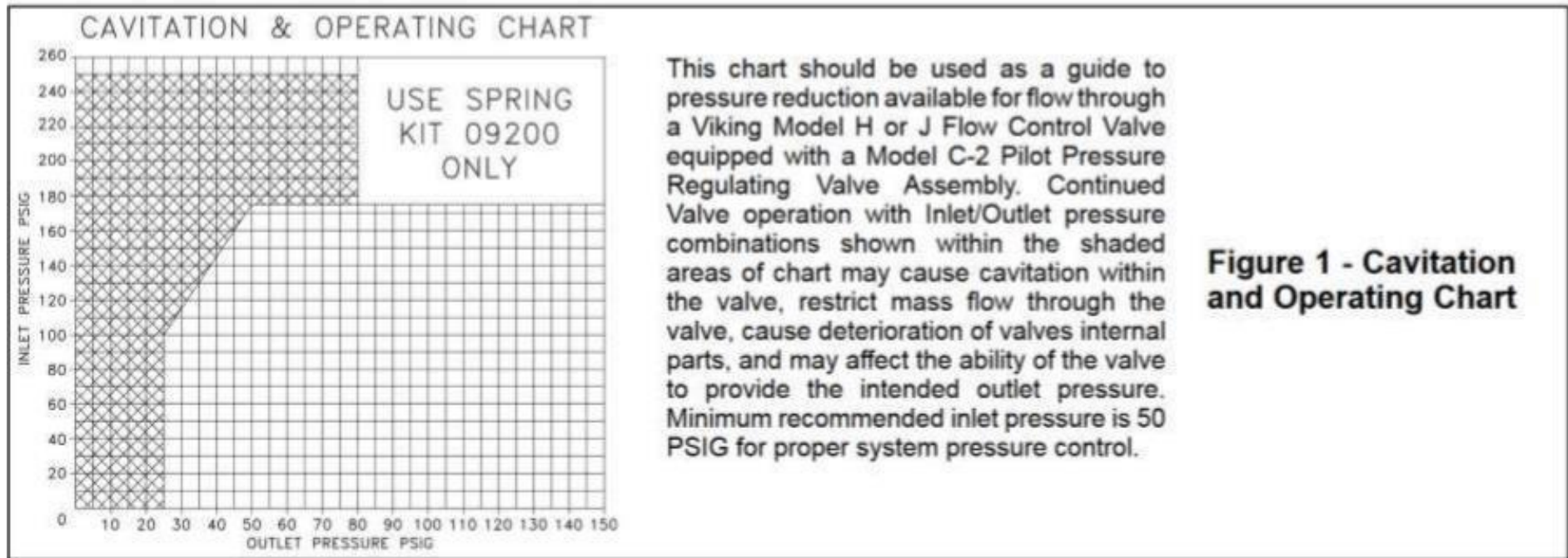
Anexo-7-3 datos de curva de sección C

Flujo Q	Presión Est/Total	Flujo Q	Presión Est/Total
GPM	psig	GPM	psig
2206.00	76.37	2237.0	78.0
2208.07	76.48	2239.1	78.1
2210.14	76.58	2241.2	78.2
2212.21	76.69	2243.2	78.3
2214.28	76.80	2245.3	78.4
2216.34	76.90	2247.4	78.5
2218.41	77.01	2249.4	78.6
2220.48	77.11	2251.5	78.7
2222.55	77.22	2253.6	78.8
2224.62	77.33	2255.7	78.9
2226.69	77.43	2257.7	79.0
2228.76	77.54	2259.8	79.1
2230.83	77.65	2261.9	79.3
2232.90	77.75	2263.9	79.4
2234.97	77.86	2266.0	79.5

Anexo-7-4 datos de curva de sección D

Flujo Q	Presión Est/Total	Flujo Q	Presión Est/Total
GPM	psig	GPM	psig
2186.00	76.85	2217.0	78.5
2188.07	76.95	2219.1	78.6
2190.14	77.06	2221.2	78.7
2192.21	77.17	2223.2	78.8
2194.28	77.27	2225.3	78.9
2196.34	77.38	2227.4	79.0
2198.41	77.49	2229.4	79.1
2200.48	77.59	2231.5	79.2
2202.55	77.70	2233.6	79.3
2204.62	77.81	2235.7	79.4
2206.69	77.92	2237.7	79.5
2208.76	78.02	2239.8	79.6
2210.83	78.13	2241.9	79.8
2212.90	78.24	2243.9	79.9
2214.97	78.35	2246.0	80.0

Anexo 8 Relación de presiones en válvulas de diluvio DC



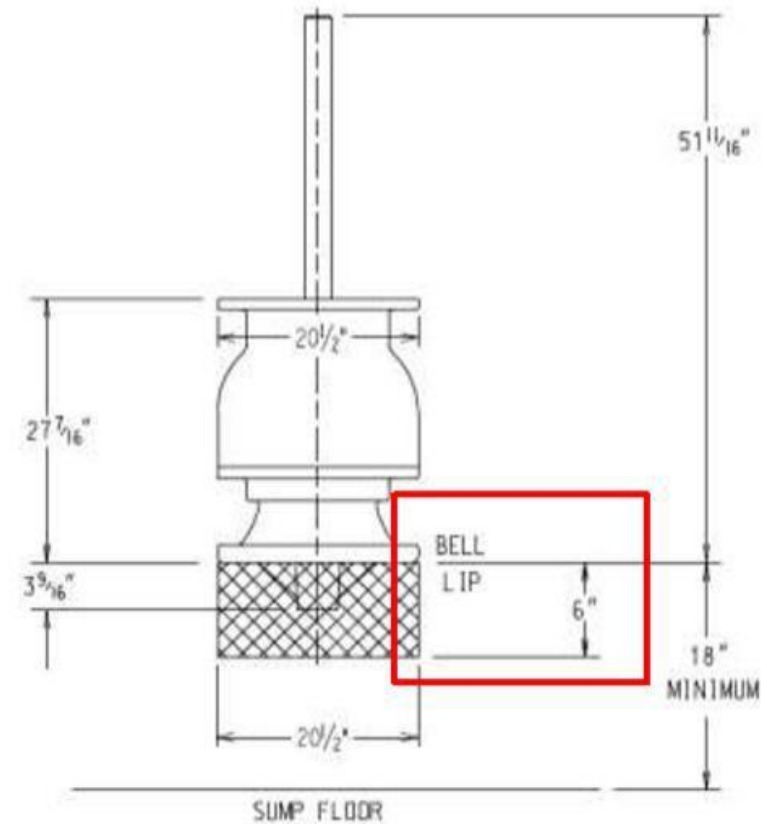
Anexo 9 Curva de la bomba de referencia

Calculated Data at Rated Speed		
Q2 (GPM)	H2 (FT)	bhp2
0.00	420.43	515.65
2,643.40	382.73	529.28
3,850.31	350.82	520.61
4,992.85	322.59	546.64
5,926.77	302.32	577.63
6,708.00	287.99	614.60
7,497.67	266.97	646.73
7,907.67	252.12	659.03

Anexo 10 Sumergencia mínima de las bombas

PUMP	21JHC
THRUST FACTOR (LB./FT.)	38.8
THRUST AREA (IN. ²)	109.3
IMPELLER WR ² (LB.-FT. ²) PER STAGE	23.3
SPHERE (IN.)	2 ³ / ₁₆
MAXIMUM WORKING PRESSURE (PSI)	267
BOWL SHAFT DIAMETER (IN.)	2 ⁷ / ₁₆
MINIMUM SUBMERGENCE (IN.) *	48
IMPELLER WEIGHT (LBS.)	100
ONE STAGE WEIGHT (LBS.)	1200
ADDITIONAL STAGE WEIGHT (LBS.)	790
DISCHARGE SIZE (IN.)	14
COLUMN SIZE (IN.)	14
ADD PER ADDITIONAL STAGE (IN.)	17 ⁹ / ₁₆

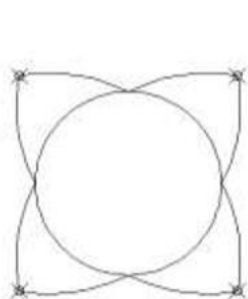
* MINIMUM REQUIRED WATER LEVEL ABOVE BELL LIP.



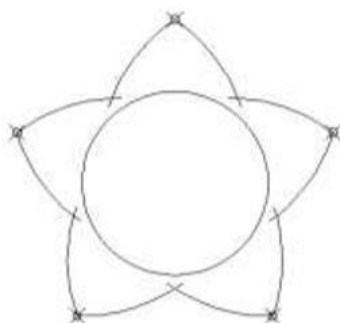
Anexo 11 Arreglos de aspersores

ANEXO 11-1 – ARREGLOS TRANSVERSALES DE ASPERSORES

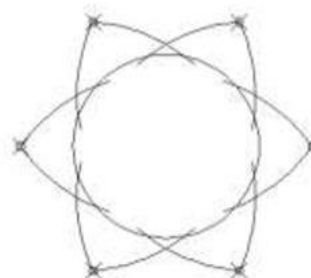
Vista Frontal de los Tanques Horizontales



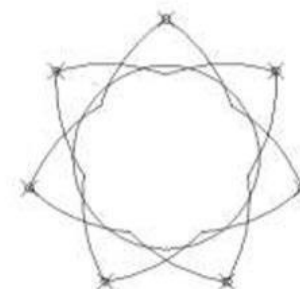
Número de
Aspersores
Transversales: 4



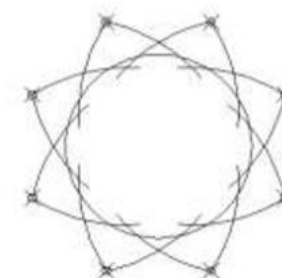
Número de
Aspersores
Transversales: 5



Número de
Aspersores
Transversales: 6



Número de
Aspersores
Transversales: 7

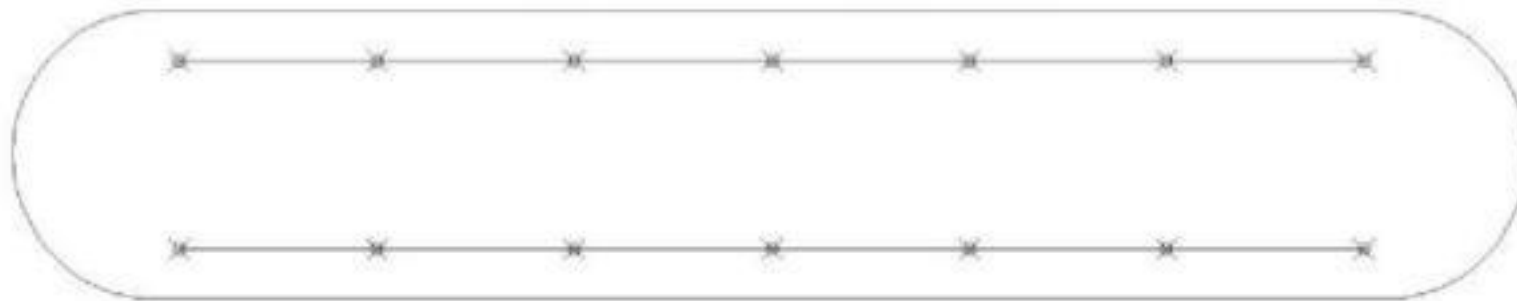


Número de
Aspersores
Transversales: 8

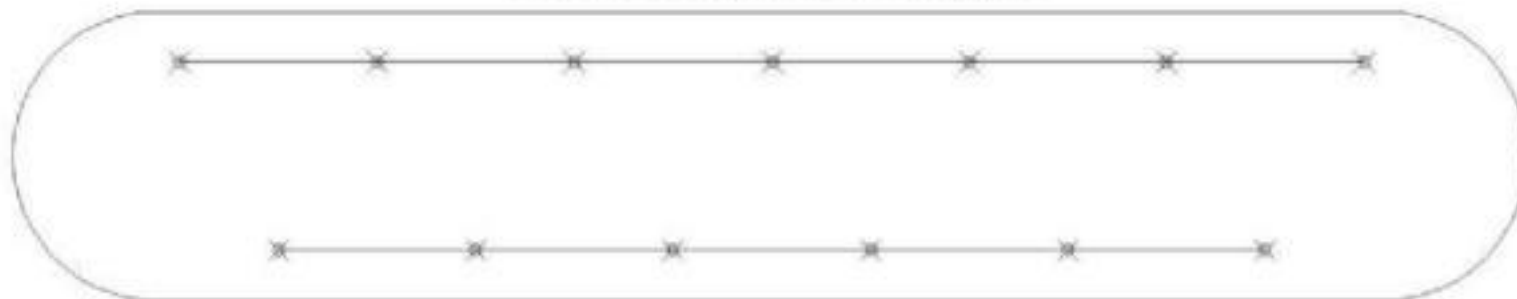
ANEXO 11-2 – ARREGLOS LONGITUDINALES DE ASPERSORES

Vista Lateral de los Tanques Horizontales

Arreglo Longitudinal Cuadrangular

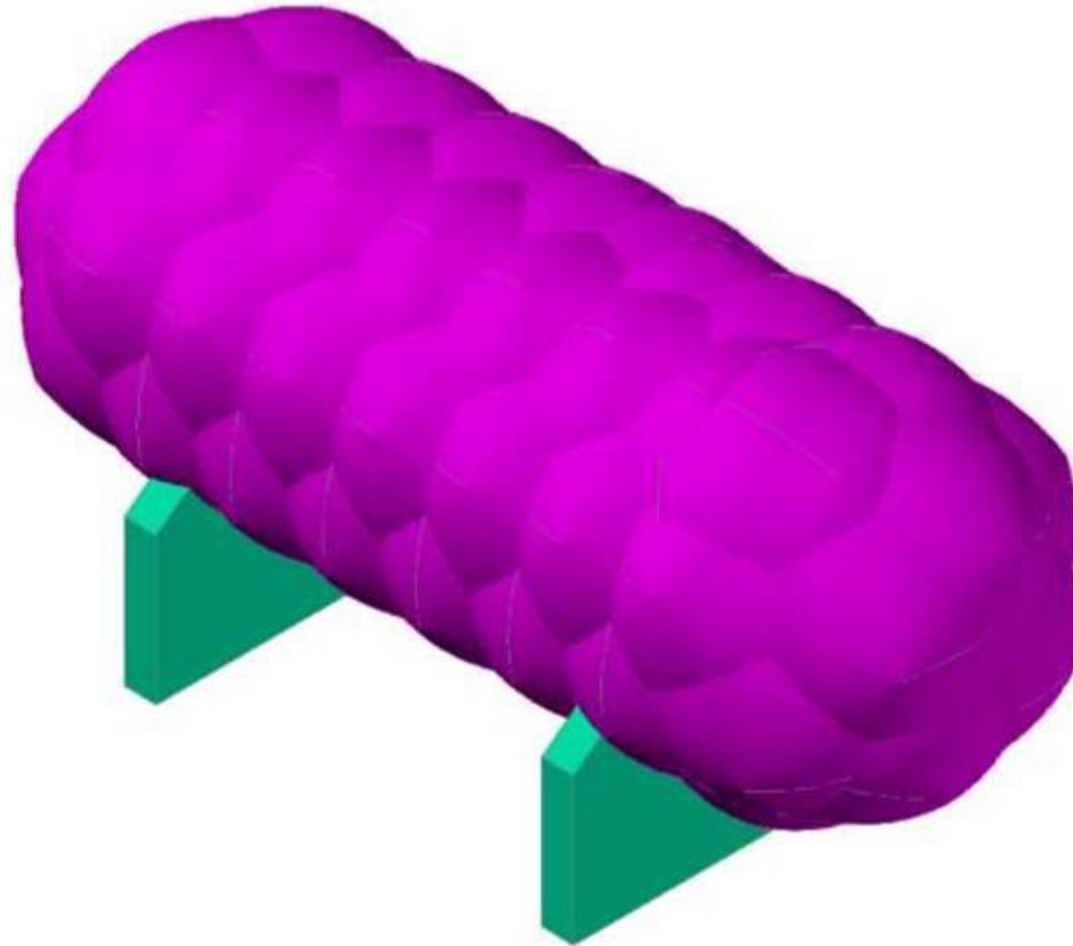


Arreglo Longitudinal Triangular



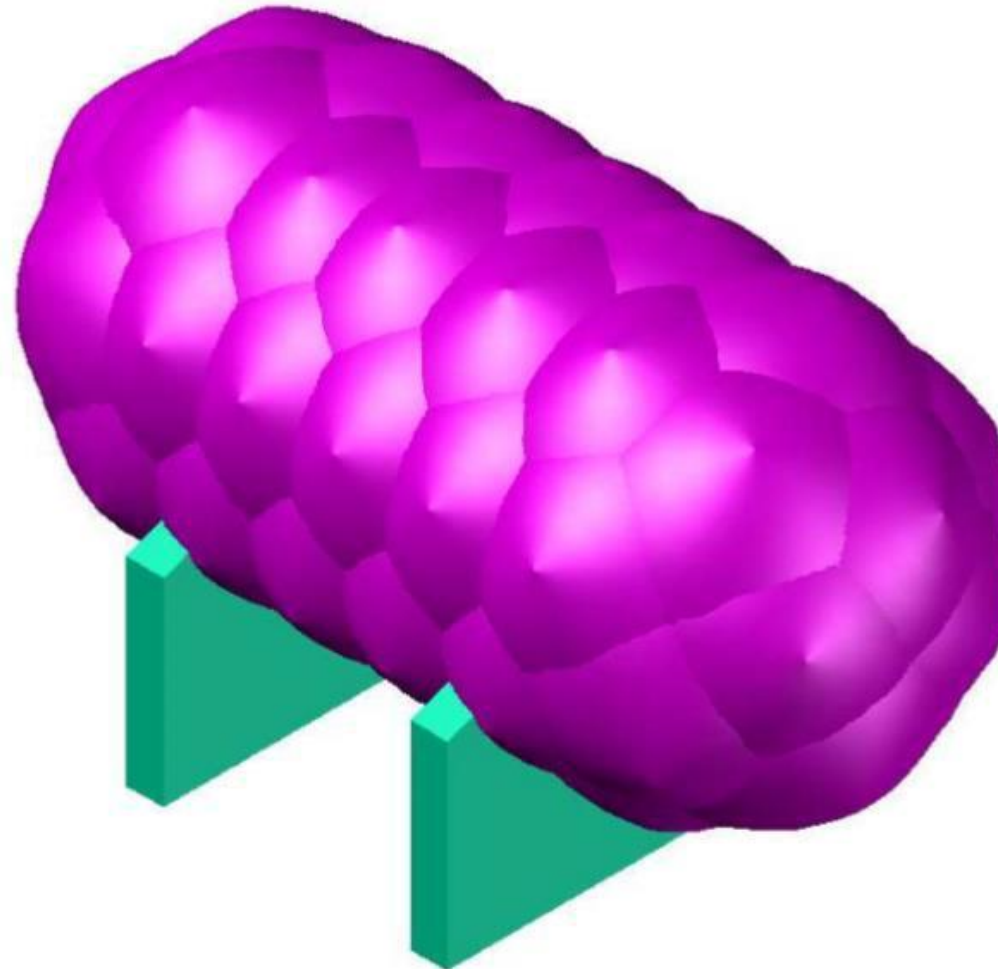
Anexo 12 Vista de patrones de enfriamiento

ANEXO 12-1 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO PARA EL TANQUE T-3



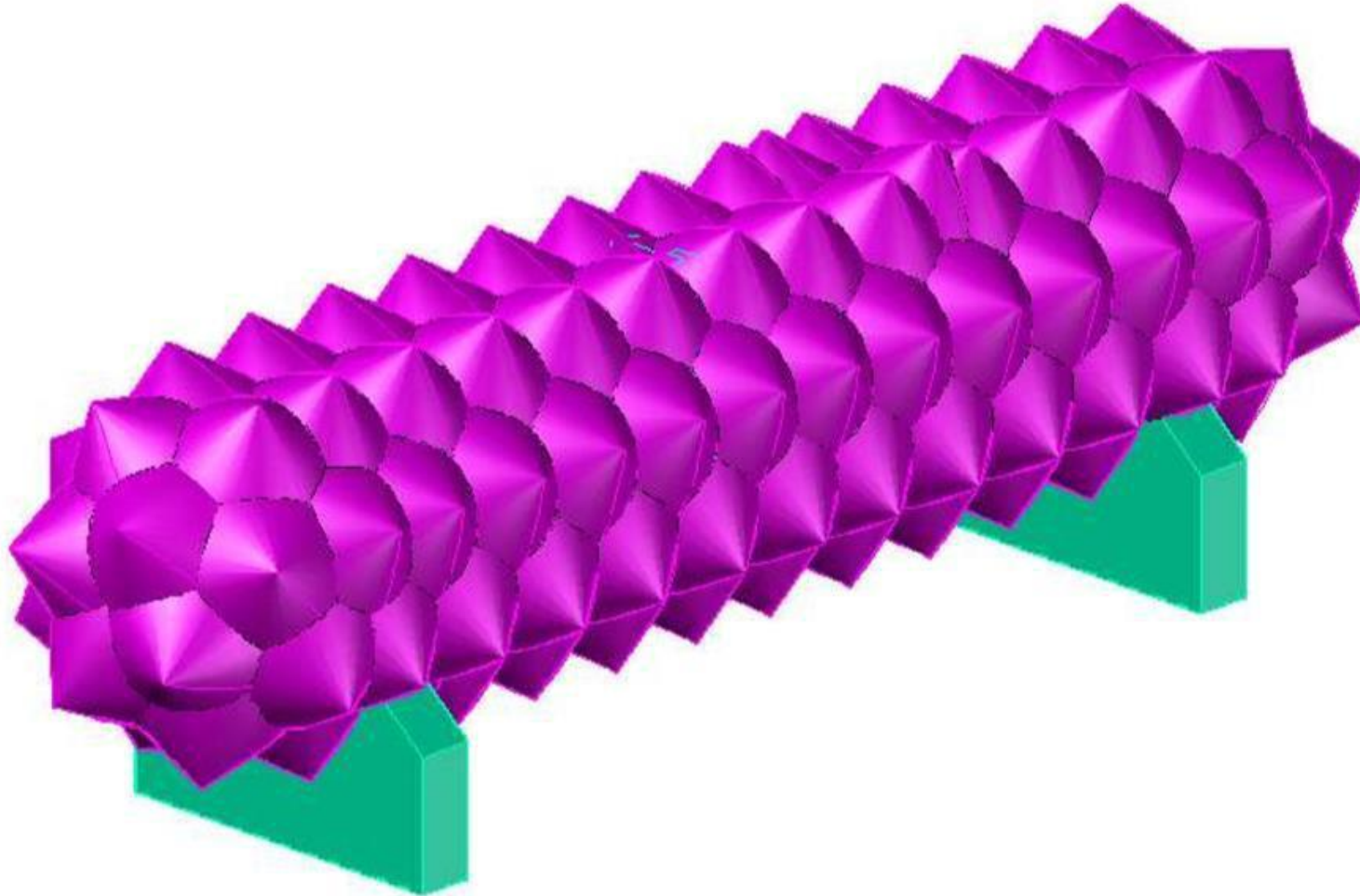
(Vista Isométrica)

ANEXO 12-2 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO PARA EL TANQUE T-4



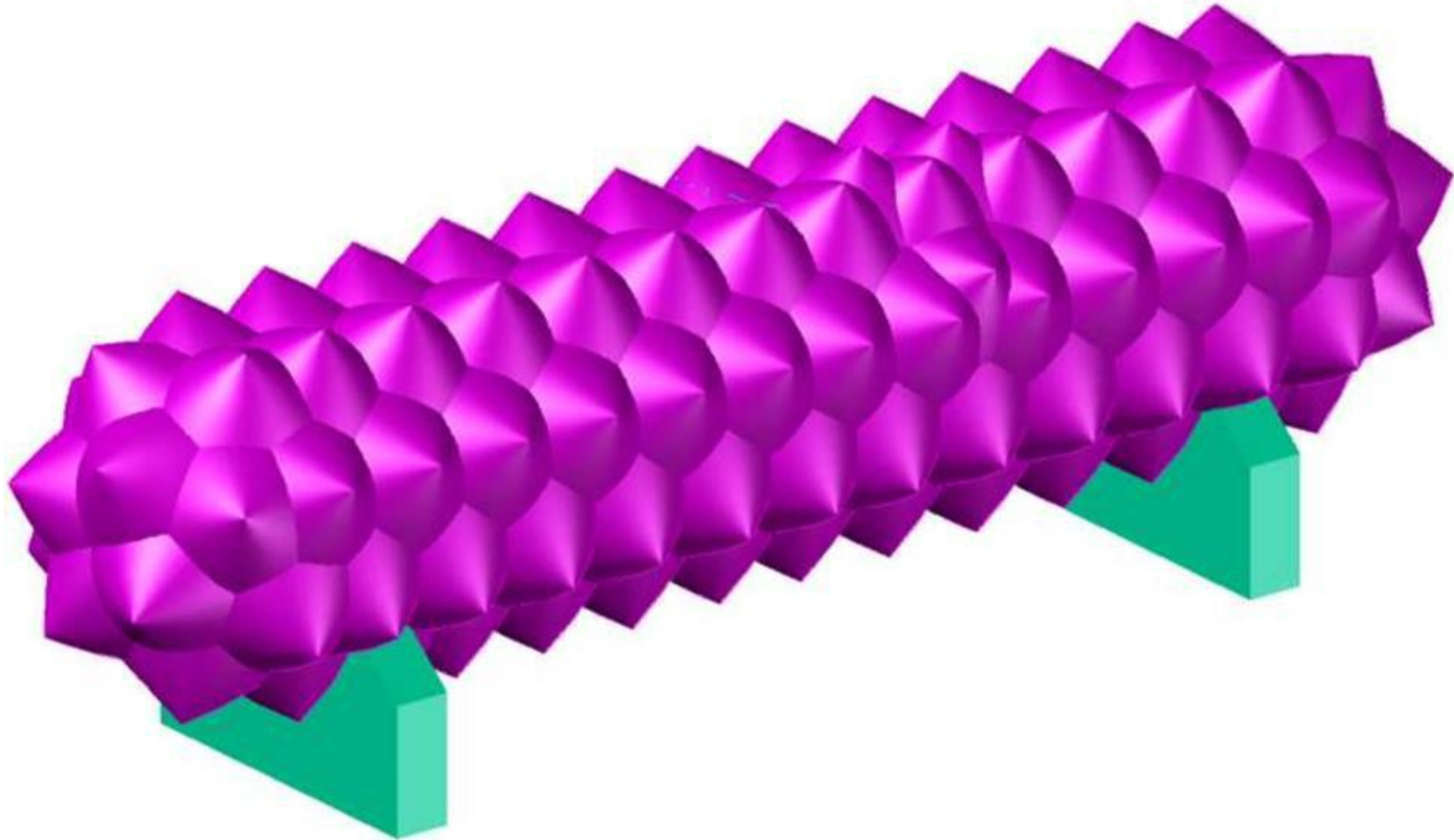
(Vista Isométrica)

ANEXO 12-3 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO PARA EL TANQUE T-5



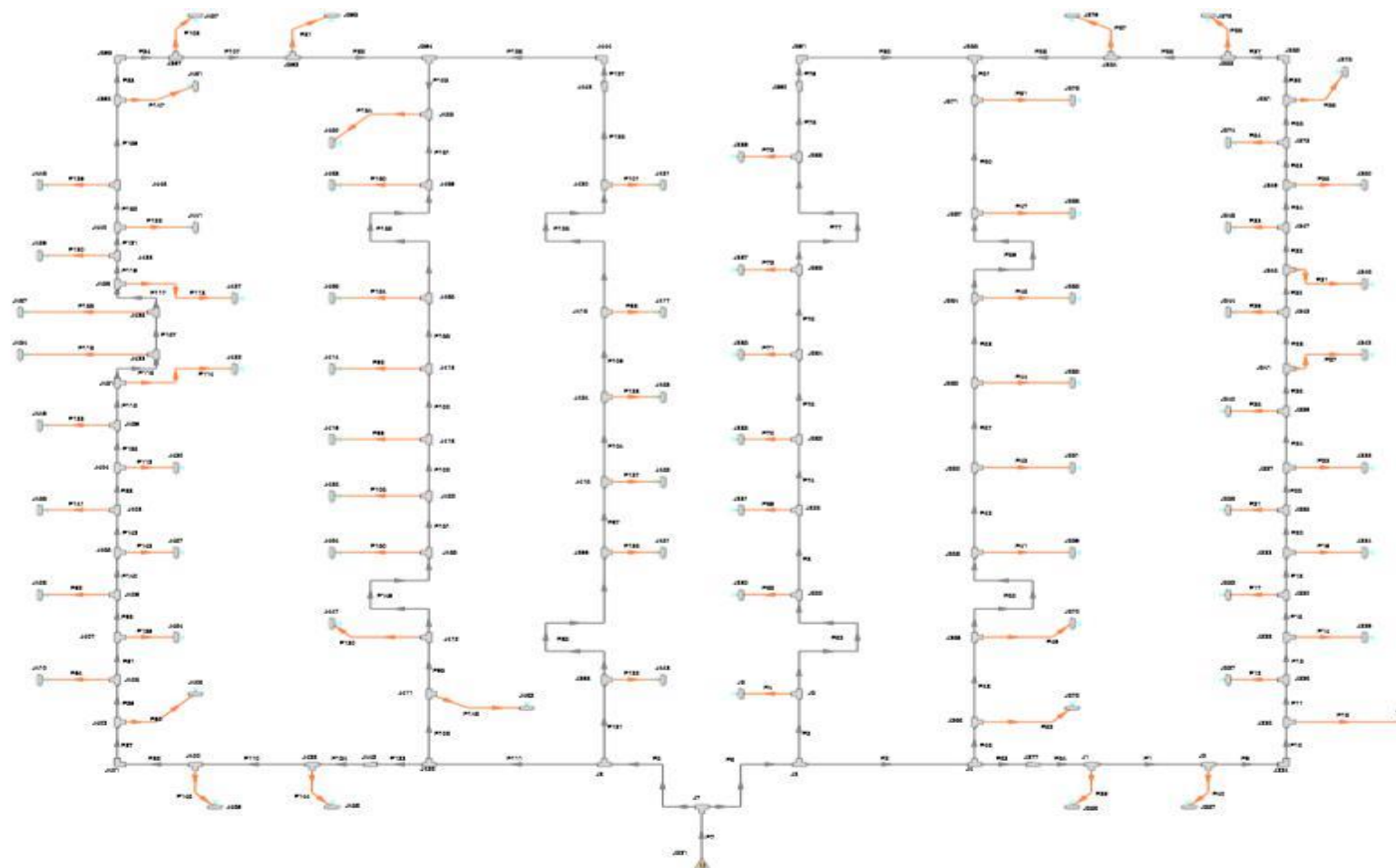
(Vista Isométrica)

ANEXO 12-4 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO PARA EL TANQUE T-6

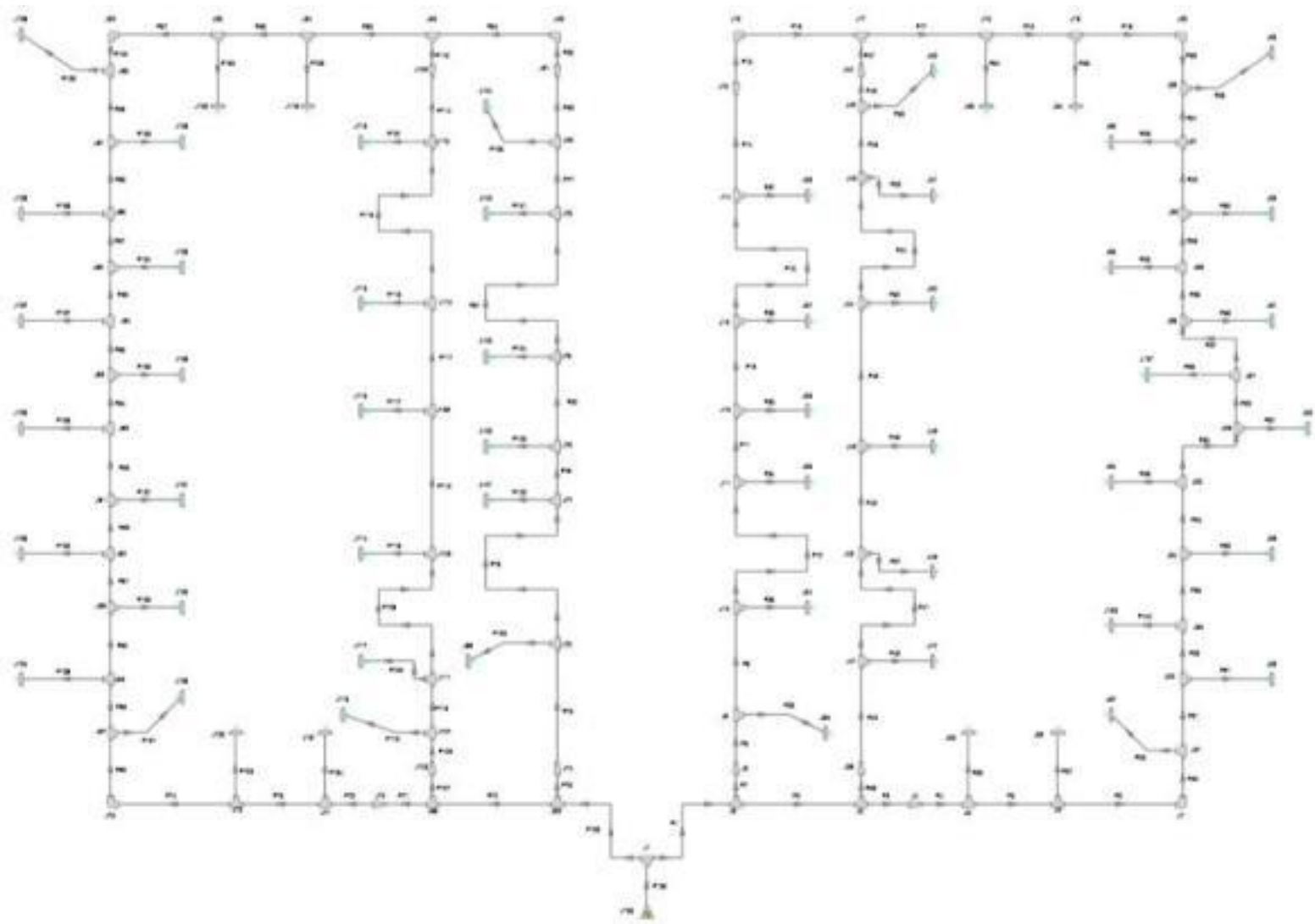


(Vista Isométrica)

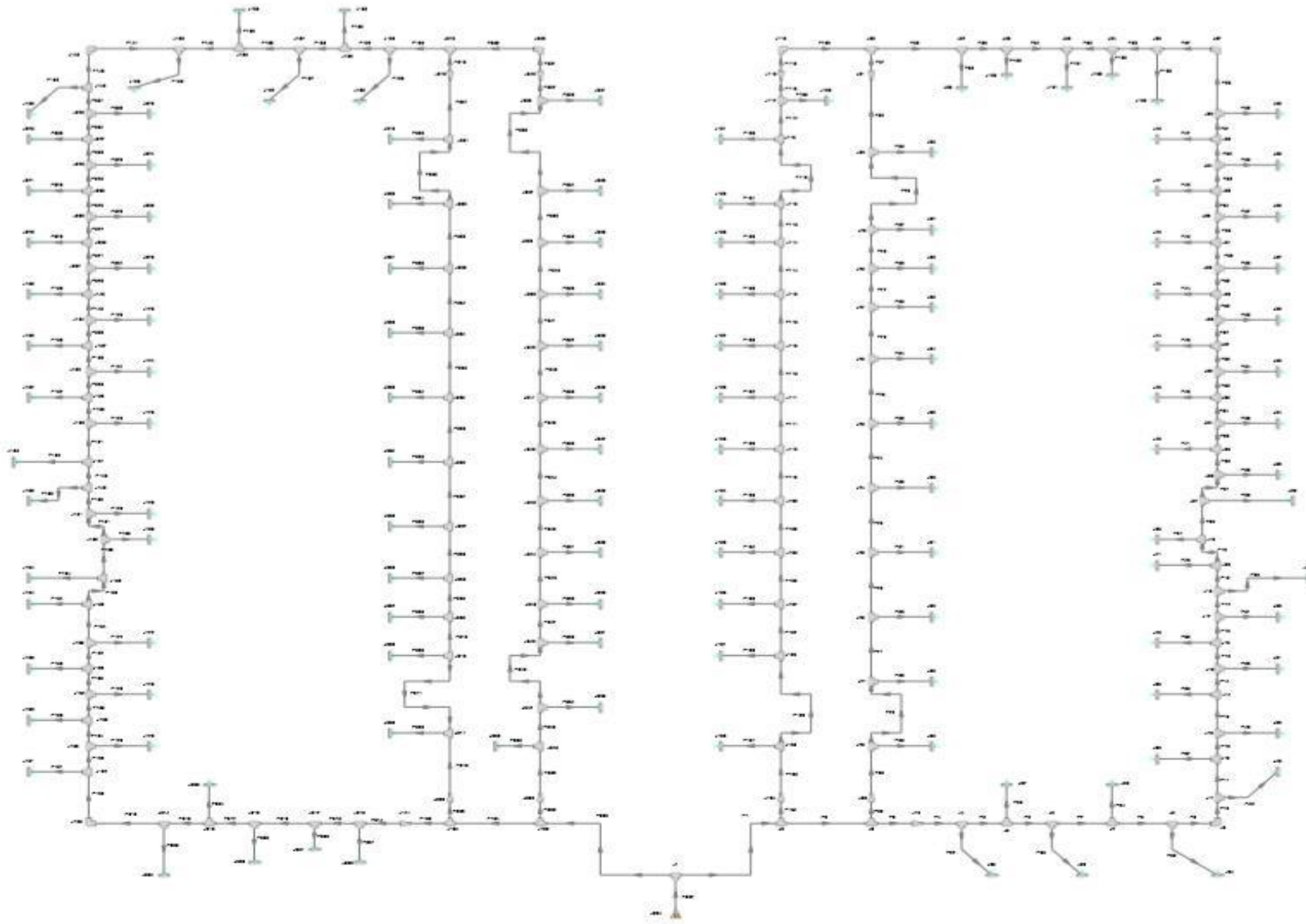
Anexo 13 Simulación de recipiente T-3



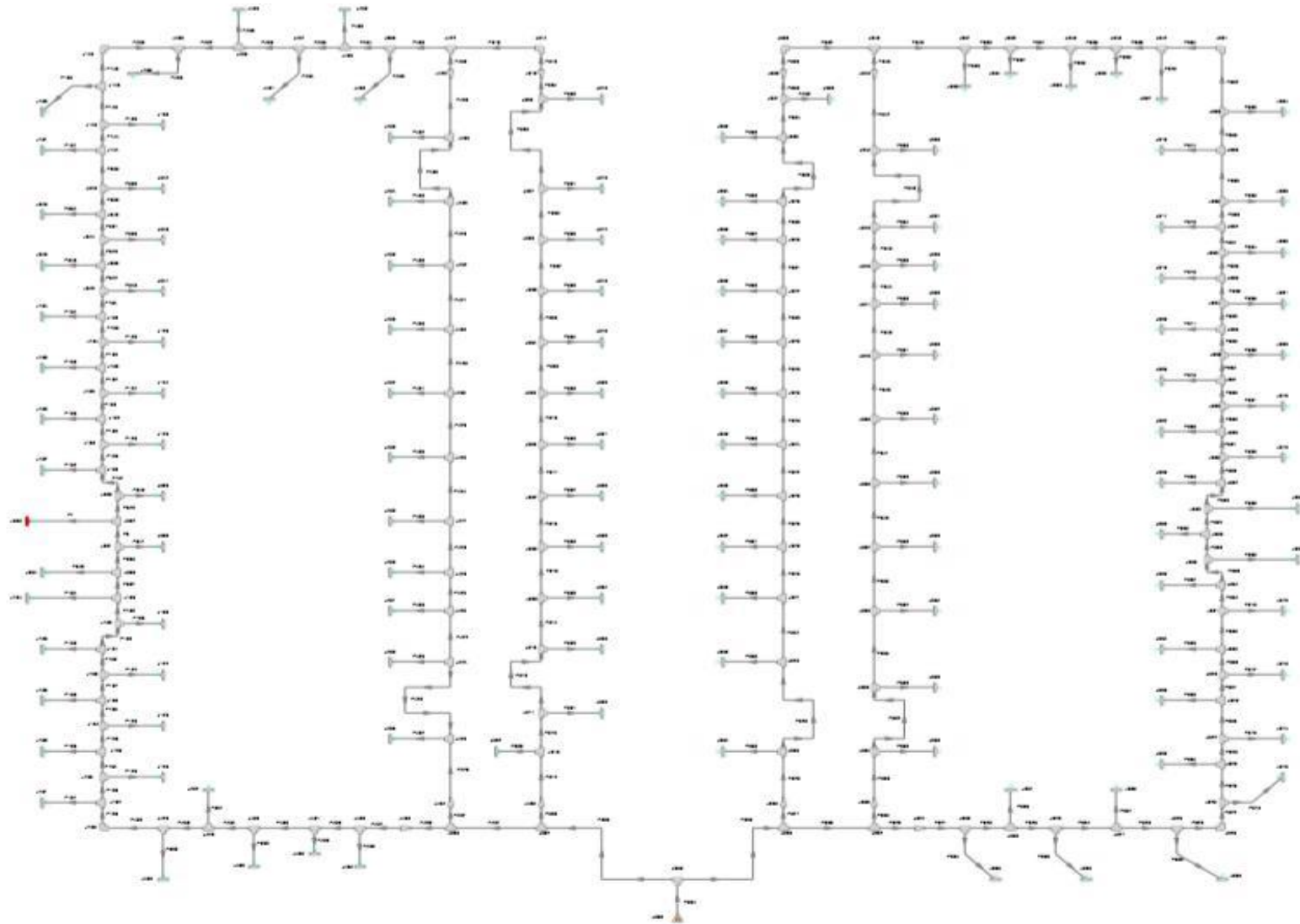
Anexo 14 Simulación de recipiente T-4



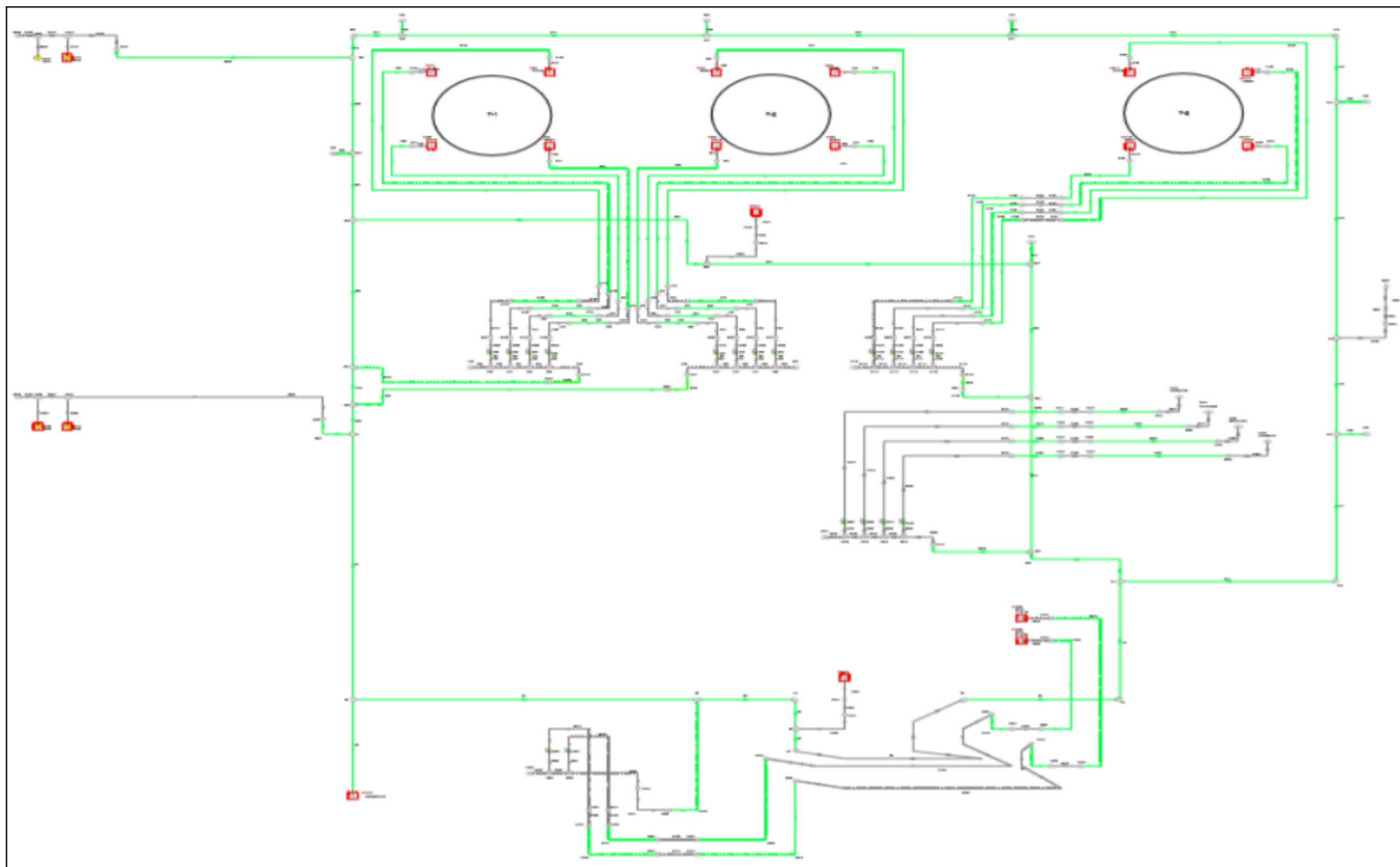
Anexo 15 Simulación de recipiente T-5



Anexo 16 Simulación de recipiente T-6

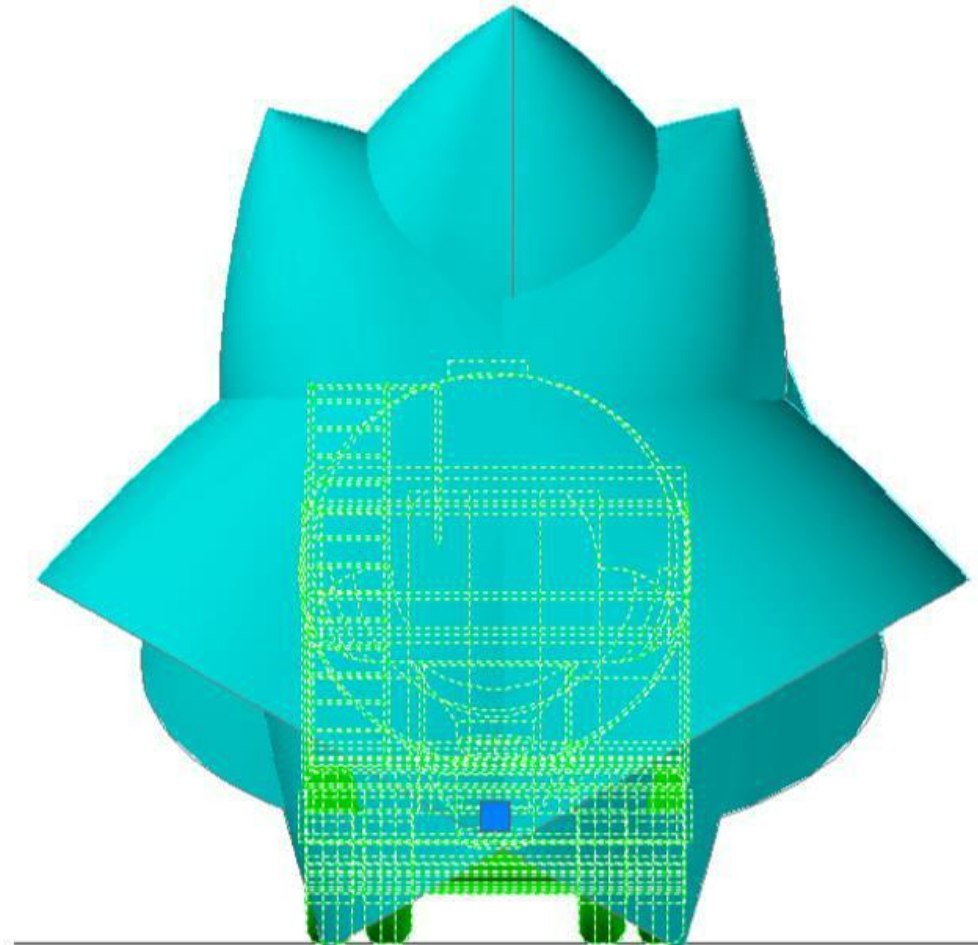


Anexo 17 Simulación de la red principal

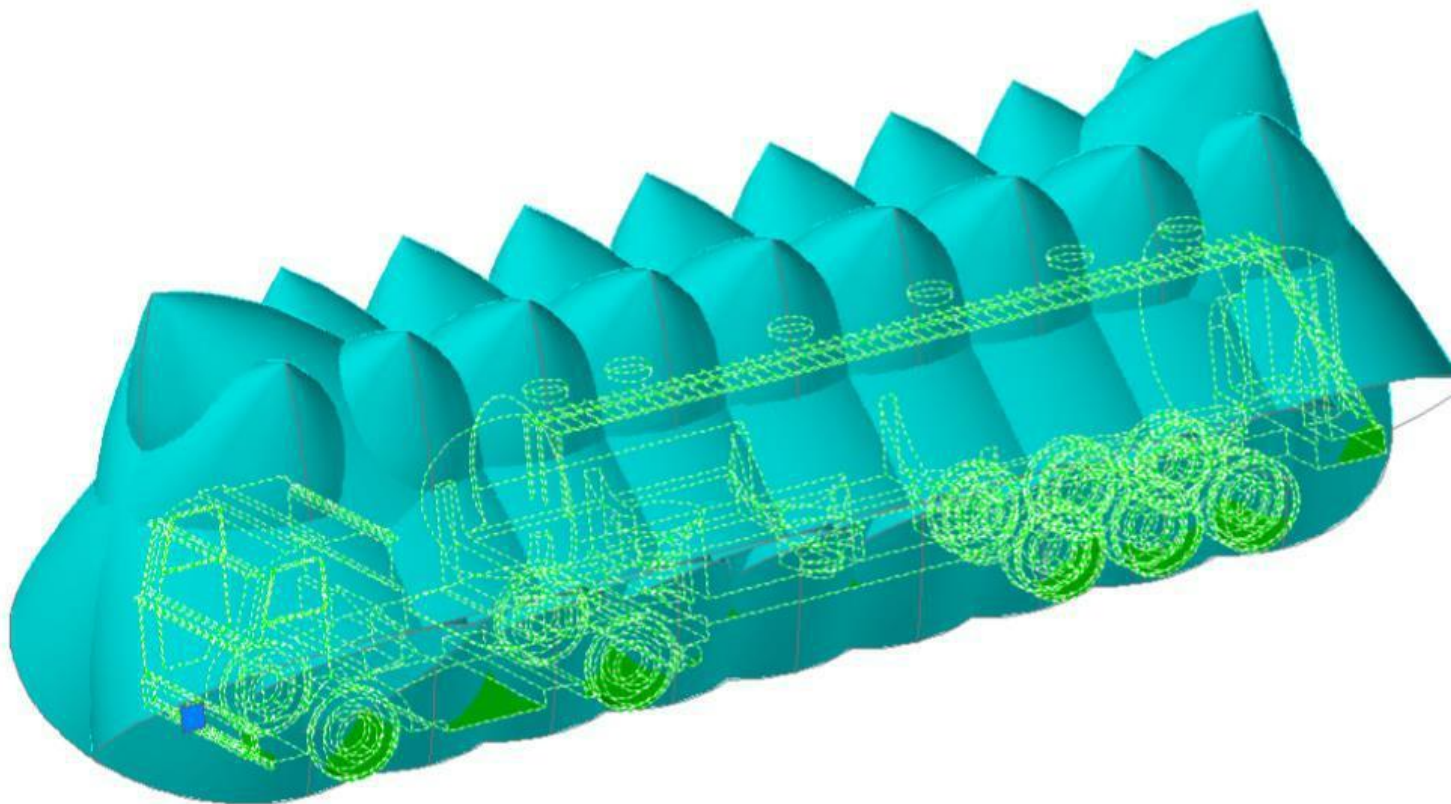


Anexo 18 Vista de patrones de enfriamiento

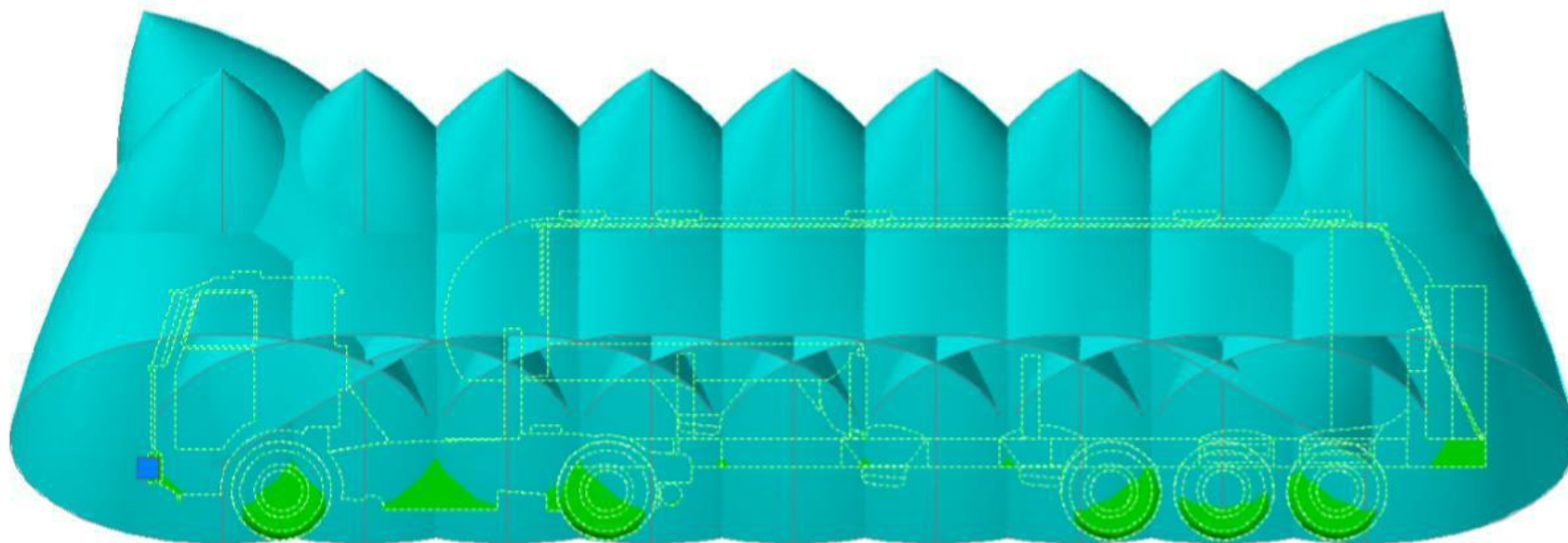
ANEXO 18-1 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO DE UNA CISTERNA EN UNA BAHÍA



ANEXO 18-2 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO DE UNA CISTERNA EN UNA BAHÍA



ANEXO 18-3 – VISTAS DE PATRONES DE ENFRIAMIENTO DE UNA CISTERNA EN UNA BAHÍA



Anexo 19 Simulación de Isla

